

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_  
(повне найменування факультету)  
Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_  
(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

напряму підготовки \_\_\_\_\_ 16 – хімічна та біоінженерія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва напряму підготовки)

спеціальності \_\_\_\_\_ 161 – Хімічні технології та інженерія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Проект виробництва клею ПВА. Потужність 400 т/рік.

Виконав: студент групи \_\_\_\_\_ ХТ-17з \_\_\_\_\_

Мельник В.О. \_\_\_\_\_  
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник Римар Т. Е. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Рецензент Золотарьова О.В. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Сєверодонецьк – 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_

Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 16 – хімічна та біоінженерія \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 161 – Хімічні технології та інженерія \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

\_\_\_\_\_ 2021р.

\_\_\_\_\_

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Мельник Василисі Олександрівні

|      |      |         |         |      |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|------|
|      |      |         |         |      |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  | 2    |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |      |

## 1. Тема проекту (роботи):

Проект виробництва клею ПВА. Потужність 400 т/рік.

Керівник проекту (роботи) Римар Т. Е., к.т.н.,  
доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по інституту від 28.03.2021 р. №54/15.25

## 2. Строк подання студентом проекту (роботи) – 14 червня 2021 р.

## 3. Вихідні дані до проекту (роботи): літературні, патентні та регламентні дані.

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

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір і розрахунок основного апарату. 6. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 7. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 8. Охорона праці. Висновки. Література. Додатки.

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

1. Технологічна схема (1 аркуш).
2. Креслення основного апарату (1 аркуш).
3. Матеріальний баланс (1 аркуш).

## 6. Дата видачі завдання – 28 березня 2021 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор № | Назва етапів дипломної роботи (проекту)                       | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1     | Вступ   | 25.04.2021                               |          |
| 2     | Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва | 02.05.2021                               |          |

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 3    |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

|    |   |            |  |
|----|---|------------|--|
| 3  | Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції       | 10.05.2021 |  |
| 4  | Опис технологічної схеми  | 17.05.2021 |  |
| 5  | Матеріальні і теплові баланси                                     | 24.05.2021 |  |
| 6  | Вибір і розрахунок основного апарату                              | 31.05.2021 |  |
| 7  | Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату | 04.06.2021 |  |
| 8  | Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища              | 06.06.2021 |  |
| 9  | Охорона праці   | 08.05.2021 |  |
| 10 | Висновки.   | 09.06.2021 |  |
| 11 | Креслення технологічної схеми                                     | 10.06.2021 |  |
| 12 | Креслення основного апарату                                       | 12.06.2021 |  |
| 13 | Підготовка доповіді   | 14.06.2021 |  |

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Мельник В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_

Римар Т. Е.

|      |      |         |         |      |
|------|------|---------|---------|------|
|      |      |         |         |      |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

## ЗМІСТ

|  | стор. |
|--|-------|
| Вступ  | 7     |
| 1. Аналітичний огляд процесів виробництва полівінілацетатної дисперсій | 9     |
| 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції         | 24    |
| 3. Опис технологічного процесу та схеми                                | 29    |
| 4. Матеріальний і тепловий баланси                                     | 35    |
| 4.1 Матеріальний баланс  | 35    |
| 4.2 Тепловий баланс  | 42    |
| 5. Опис основного і допоміжного обладнання                             | 50    |
| 6. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища                | 53    |
| 7. Охорона праці   | 55    |
| Висновки   | 60    |
| Список використаної літератури   | 61    |

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 6    |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

## ВСТУП

Найпоширенішим клеєм є полівінілацетатна дисперсія (ПВАД). Вона широко застосовується у пакувальній промисловості. Клеї на її основі використовують в автоматичних лініях, для виготовлення багат шарових паперових мішків, картонної упаковки, картонних барабанів, конвертів та ін. У паперовій промисловості емульсії ПВА зазвичай наносять на папір для поліпшення її кольору, жорсткості, стійкості до жирів і старіння і кращої сприйнятливості до друкарських фарб. У виробництві шпалер ПВА-емульсії наносять на шпалери, що миються.

При додаванні клею ПВА в паперову пульпу поліпшується міцність паперу. При виготовленні гнучкого, ударостійкого картону використовують емульсію з додаванням 4% пластифікатора.

Клей ПВА застосовується в тютюновій промисловості, у виробництві сигаретних фільтрів. Не обходиться без клею ПВА і меблева промисловість. Також широко використовуються в текстильній промисловості в якості апперетур, завдяки низькій вартості і гарній адгезії до натуральних і штучних волокон. Вони надають тканинам жорсткість, щільність, пружність, зносостійкість, що не знебарвлюються, добре зберігаються. 1-5% -ві емульсіями ПВА, просочується простирадла полотно, тканин, що йде на пошиття одягу. 50-60% емульсії ПВА використовуються для шліхтовки прозорих і ажурних тканин, просочення бортівки, стрічок, фетру та ін.

Також ПВА-емульсії використовуються для виробництва водовідштовхуючих добавок, в виготовленні тканин; у вигляді добавки в крохмаль при переробці бавовни. Клеї ПВА наносять на виворітну поверхню при виготовленні килимів. Це необхідно для закріплення волокон і додання виробу жорсткості, щільності, пружності.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

З появою емульсії ПВА, виробництво фарб на їх основі, почалося в промислових масштабах. Ці фарби утворюють зносостійкі, еластичні плівки з відмінною адгезією до очищеної поверхні дерева, бетону, штукатурки, каменю, шлакоблоку, асфальту, цегли, азбестоцементу, паперу, оцинкованого заліза, алюмінію. Пластифікатор, що додається в емульсію ПВА, покращує глянець утворюється плівки, підвищує її міцність при розтягуванні і відносно подовження.

Фарби на основі ПВА відрізняються відмінною атмосферо- і світлостійкістю. Єдиним недоліком фарб на основі ПВА є їх мала водостійкість, і необхідність додавання пластифікатора з низькою молекулярною масою (зазвичай, це дибутилфталат, у якого є властивість з часом випаровуватися з плівки). Крім ПВА-дисперсії, до складу фарби входять також: натрієва сіль карбоксиметилцелюлози, титанові білила, крейда і цільові добавки.

За останні 50 років клей ПВА став дуже широко застосовуватися в побуті, і напевно немає людини на землі, яка б не знала що таке клей ПВА.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 8    |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІВІНІЛАЦЕТАТНОЇ ДИСПЕРСІЇ

Емульсійна полімеризація - це спосіб проведення полімеризації мономера у водному середовищі, що призводить до утворення дисперсії полімеру з частинками колоїдного ступеня дисперсності (розміром від часток мікрометра до декількох мікрометрів).

За ступенем дисперсності є три види ПВАД: тонкі, грубі і середні.

В тонких дисперсіях розмір часток менше 0,5 мкм. Плівки і покриття з них найбільш водостійкі, прозорі, мають підвищений блиск. Але такі дисперсії мало стійкі при низьких (нижче 0°C) і підвищених (більше 70-80°C) температурах.

Грубодисперсні системи характеризуються середнім розміром частинок 1-3 мкм. Істотною перевагою грубих дисперсій є їх висока стійкість до впливу різних чинників: вони витримують багаторазове заморожування і відтаювання, нагрівання майже до 100°C, введення різних наповнювачів.

Грубодисперсна гомополімерна полівінілацетатна дисперсія являє собою продукт полімеризації вінілацетату у водному середовищі в присутності ініціатора і захисного колоїду - полівінілового спирту (ПВС).

Цей тип дисперсії з розміром частинок до 1-3 мкм виробляється в найбільших масштабах. Грубодисперсні ПВАД мають виключно високу стійкість до впливу різних чинників: витримують багаторазове заморожування і відтаювання, нагрівання майже до 100 °C, введення різних наповнювачів, в тому числі електролітів. Недоліком цих дисперсій є порівняно невисока водостійкість утворених ними покриттів, їх низька прозорість, відсутність блиску.

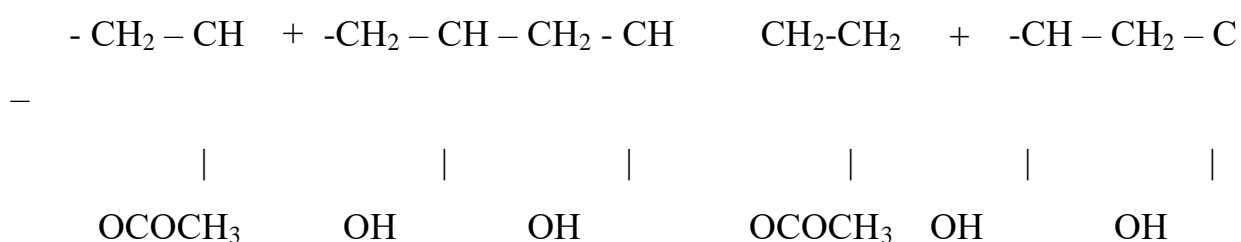


Гомополімерні грубодисперсні ПВАД отримують (виробляють) емульсійною полімеризацією вінілацетату (ВА) в присутності захисного колоїду - ПВС і окислювально-відновної системи  $\text{H}_2\text{O}_2$  -  $\text{FeSO}_4$  при рН середовища 2,8-3,2. Підвищення кислотності водної фази (до рН не менше 2,8) кілька активізує процес полімеризації. Для синтезу грубодисперсних ПВАД використовують глибокоомилений полівініловий спирт, в якому масова частка неомилених ацетатних груп становить не більше 3%.

Водні розчини ПВС мають високу в'язкість, обумовлену взаємодією між гідроксильними групами різних макромолекул за рахунок утворення водневих зв'язків, в тому числі і за участю молекул води. За рахунок зачеплень (зв'язків) між макромолекулами утворюється просторова сітка і при диспергуванні мономера в розчині ПВС виникають емульсійні частки, стабілізовані просторовою сіткою.

У цих частинках і відбувається полімеризація. У присутності ПВС радикал, що виник при розпаді ініціатора, атакує молекулу полівінілового спирту, утворюючи макрорадикал, який в свою чергу ініціює полімеризацію вінілацетату.

Процес полімеризації вінілацетату в присутності ПВС характеризується утворенням значної кількості щеплених кополімерів (до 40%). Щеплення вінілацетату на ПВС може відбуватися і в результаті передачі ланцюга на полівініловий спирт від полівінілацетатних радикалів:



з подальшим ініціюванням полівініл-спіртовим радикалом полімеризації вінілацетату.

Кількість прищепленого сополімера в ПВАД визначається нерозчинною частиною отриманої з ПВАД. Кількість нерозчинної частини (нч) в полімері істотно впливає на властивості ПВАД. Збільшення вмісту нерозчинної частини значно погіршує сумісність полімеру з пластифікатором, що призводить до збільшення часу процесу пластифікації, а іноді і до неможливості його здійснення. Високий вміст нерозчинної частини в полімері викликає утворення в ПВАД "круп".

Вміст нерозчинної частини в ПВАД насамперед залежить від масової частки перекису водню в полімеризаційному середовищі.

Зменшення кількості перекису водню призводить до різкого зростання нерозчинної частини в полімері, причому з підвищенням температури полімеризації ця залежність носить яскраво виражений характер. Масовий вміст нерозчинної частини в полімері, отриманом на установці безперервної дії, становить зазвичай 15-20% і як правило значно нижче, ніж у полімері, отриманому періодичним способом 20-30%, що підтверджує вплив температури на вказаний показник.

Кількість міжмолекулярних зачеплень в розчині збільшується з ростом молекулярної маси захисного колоїду. Отже, чим вищемолекулярна маса ПВС, тим менша концентрація захисного колоїду потрібна для стабілізації дисперсії.

Деякі домішки, що містяться в сировині, можуть пригнічувати процес полімеризації. Такими домішками є продукти альдольної конденсації ацетальдегіду, що утворюються в ПВС в момент омилення полівінілацетатного лаку лугом.

Підвищений вміст гідрохінона і низька полімеризаційна активність вінілацетату призводить до збільшення тривалості полімеризації, а

наявність в вінілацетату полімеру може викликати появу "круп" в готовій ПВАД.

Процес емульсійної полімеризації, як правило, протікає під атмосферним тиском періодичним або безперервним методом. Вибір конкретної рецептури залежить від показників марки одержуваної дисперсії (в'язкості, вмісту сухого залишку), а також від якості вихідної сировини (ММ ПВС, вмісту в ньому ацетату натрію, активності мономера і ін.).

Емульсійна полімеризація ВА періодичним методом проводиться в реакторі який має мішалку, систему для обігріву та охолодження, а також систему з двох послідовно з'єднаних холодильників, один з яких охолоджується зворотною водою, інший - водою з температурою не вище 5°C або розсолем. З апарату для приготування водної фази в полімеризатор через мірник завантажується розчин ПВС і мурашиної кислоти. Водний розчин  $FeSO_4$  вводиться безпосередньо в полімеризатор. Відведення теплоти реакції в основному здійснюється за рахунок випаровування азеотропної суміші ВА і води, що конденсується в зворотних холодильниках, 20% теплоти відводиться через сорочку апарату. Температура полімеризації спочатку визначається температурою кипіння азеотропної суміші ВА - вода (65-68 °C), у міру протікання реакції і зменшення вмісту мономера температура реакційної суміші піднімається до 70-75°C, при цьому вона не повинна перевищувати 92°C.

По завершенню полімеризації останньої порції ВА реакційна маса охолоджується до температури не більше 60°C, нейтралізується водним розчином аміаку до рН 4,5-6 з метою попередження корозії обладнання при її подальшій переробці.

Для запобігання розведення дисперсії, що має низькі значення рН, доцільно нейтралізувати ПВАД порошкоподібним оксидом або гідроксидом кальцію. Внаслідок порівняно високої температури склування ПВАД (28°C) при її висиханні утворюється крихка плівка, що не дозволяє

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 12   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

використовувати дисперсію для отримання покриттів, а в багатьох випадках і в якості клею. Для зниження температури склування полімеру дисперсію пластифікують. Якщо ПВАД застосовується для виготовлення тари та інших виробів в харчовій промисловості, в якості пластифікатора використовують менш токсичний триацетін. Операція пластифікації дисперсії проводиться шляхом рівномірного введення пластифікатора в ПВАД при перемішуванні протягом 2,5-3,5 год, температура дисперсії при цьому не повинна перевищувати 50°C. Перемішування дисперсії триває ще 5-12 год до остаточного поєднання полімеру з пластифікатором. Процес пластифікації зазвичай супроводжується підвищенням в'язкості ПВАД, причому тим більшим, чим вище температура пластифікації. Пластифікована дисперсія неморозостійка, тому в зимовий період ПВАД і пластифікатор перевозять і зберігають окремо, що збільшує транспортні витрати і вимагає застосування спеціального устаткування для пластифікації дисперсії перед вживанням. Введення в дисперсію 0,2-0,5% (мас.) малеїнового ангідриду з подальшим прогріванням композиції протягом 2 годин при 68-72°C дозволяє отримувати морозостійку пластифіковану ПВАД. Стійкість дисперсії до заморожування обумовлюється утворенням кислого ефіру ПВС і малеїнової кислоти, поліпшує поверхнево-активні властивості захисного колоїду.

Розроблено метод оптимізації процесу емульсійної полімеризації ВА, заснований на спільному вирішенні модельних рівнянь, що визначають залежності показників якості ПВАД від рецептури і режиму полімеризації.

Він дозволяє вибрати оптимальні умови для отримання будь-якої марки ПВАД, що забезпечують високу якість продукту: мінімальний вміст нерозчинної частини, залишкового ВА, стійкість до розведення і т. п.

Полімеризація ВА безперервним методом здійснюється в агрегаті, що складається з східчасто розташованих реакторів-полімеризаторів, з'єднаних між собою переливними трубами (перетіканнями). За ним реакційна маса

переливається з верхньої частини попереднього реактора в нижню частину наступного. Оптимальне число реакторів-полімеризаторів, визначене методом математичного моделювання з урахуванням особливостей емульсійної полімеризації ВА в присутності ПВС (повна сегрегація частинок), дорівнює п'яти. Після завершення полімеризації дисперсія охолоджується і поступає в стандартизатор.

Тонкодисперсні гомополімерні ПВАД з діаметром частинок до 0,5 мкм отримують емульсійною полімеризацією ВА в присутності емульгатора і ініціатора персульфата амонію при рН 8-10, що забезпечує максимальну швидкість розкладання ініціатора. Цей тип дисперсії, на відміну від грубодисперсних ПВАД, утворює при висиханні блискучі водостійкі покриття і застосовується насамперед у виробництвах високоякісних водоемульсійних фарб. Для отримання тонкодисперсної ПВАД може бути використана така установка: розчин персульфата амонію і ВА вводять в полімеризатор п'ятьма рівними порціями, причому кожна наступна порція подається після закінчення полімеризації попередньої, як при періодичному процесі отримання грубодисперсної ПВАД. Після закінчення полімеризації, дисперсію охолоджують до 20-40 °С і проводиться пластифікація.

Готову ПВАД розливають в тару для відправки споживачеві. Отримана таким способом тонкодисперсна ПВАД неморозостійка, тому транспортувати і зберігати її можна тільки при температурі не нижче 5 °С. Для додання дисперсії морозостійкості до ВА на стадії полімеризації додають 3 ч. (мас.) монобутілового ефіру етиленгліколя. Після завершення полімеризації дисперсію нейтралізують до рН 6,5-7,5 розведеною аміачною водою з концентрацією не більше 12% (мас).

Метод пластифікації дисперсій зовнішніми пластифікаторами має ряд недоліків, які включають можливість міграції пластифікатора з полімеру, його випаровування, підвищену токсичність більшості пластифікаторів. Всіх зазначених недоліків позбавлений інший спосіб пластифікації ПВА -

сополімеризація ВА з мономерами, який додає підвищену еластичність сополімерам. Найбільш широко в якості сомо номеру для отримання сополімерних дисперсій на основі ВА використовуються ефіри малеїнової і акрилової кислот і етилен. Дисперсії сополімерів вінілацетату з дибутилмалеїнатом випускаються у вигляді середньодисперсних продуктів з розміром частинок 0,8-1,5 мкм, при синтезі яких використовуються високомолекулярні ПАР (неповністю гідролізований ПВС), оксиетилцелюлоза або суміші зазначених полімерів з низькомолекулярними ПАР, так і тонкодисперсних на основі емульгатора С-10. Дисперсія сополімеру ВА з дибутилмалеїнатом, отримана в присутності суміші оксиетилцелюлози і неіоногенного емульгатора проксанол-168, має підвищену морозостійкість. Дисперсії сополімерів вінілацетату з ефірами акрилової кислоти отримують, використовуючи в якості сономерів 2-етилгексилакрилат (2-ЕГА), бутилакрилат, а також акрилову кислоту. При сополімеризації в емульсії ВА з 2-ЕГА в якості захисного колоїду застосовують ПВС в поєднанні з проксанол-168, а в якості ініціатора - окислювально-відновну систему  $H_2O_2-FeSO_4$ . Процес сополімеризації протікає так само, як і при отриманні гомополімерної ПВАД, в кислому середовищі при рН водної фази 2,8-3,2, що досягається введенням мурашиної кислоти.

З огляду на більш високу активність 2-ЕГА в порівнянні з ВА для отримання композиційно однорідного сополімера використовують компенсаційний метод сополімеризації: спочатку вводять весь ВА і лише 2,5% (мас.) від розрахункової кількості 2-ЕГА, а потім протягом всього процесу кополімеризації поступово завантажують решту 2-етилгексилакрилата. Дисперсії потрійних співполімерів ВА з бутилакрилатом і акриловою кислотою отримують емульсійною кополімеризацією зазначених мономерів з використанням в якості емульгатора С-10 в суміші з сульфанолам. Дисперсії сополімерів ВА з

акриловою і малеїною кислотами, нейтралізовані аміаком, утворюють високов'язкі водні розчини. Дисперсії сополімерів вінілацетату з етиленом (СВЕД) мають здатність до плівкоутворення навіть при знижених температурах, а плівки на їх основі володіють водо-, світло- і атмосферостійкістю, а також порівняно стійкі до лужного гідролізу.

Крім того, перевагою СВЕД є їх більш низька вартість не тільки, в порівнянні з іншими сополімерами, але і гомополімерними дисперсіями за рахунок застосування в якості сомономеру дешевого етилену. СВЕД отримують сополімеризацією ВА з етиленом в автоклавних реакторах при тиску до 5 МПа періодичним і безперервним методами. Для синтезу грубодисперсних марок СВЕД застосовують захисний колоїд (ПВС) і окислювально-відновну ініціюючу систему  $H_2O_2-FeSO_4$ .

Тонкодисперсні СВЕД отримують в присутності емульгатора С-10 або ОП-10 і ініціатора - персульфата калію або амонію. Тиск, при якому здійснюється процес, тим вище, чим більше ланок етилену, необхідно ввести в макромолекулу сополімера. Крім етилену до складу сополімера може бути введений вінілхлорид, який сприяє підвищенню міцності, водо- і лугостійкості одержуваних з дисперсій плівок і покриттів. Приготування водної фази здійснюється в апаратах місткістю до 60 м<sup>3</sup>, забезпечених сорочкою і мішалкою. При отриманні СВЕД застосовується приблизно таке ж співвідношення компонентів водної фази, як і у виробництві ПВАД.

ПВАД як правило застосовуються в різних галузях народного господарства у вигляді воднодисперсійних продуктів. Але в тих випадках, коли витрати на транспортування води занадто великі або необхідно отримати сухі композиції на основі ПВА, гомо- і сополімери ВА виділяють з дисперсій у вигляді порошків. Після розмішування в воді ці порошки знову утворюють стабільні дисперсії, тому вони називаються редиспергуємі. Редиспергуємі ПВА й сополімери ВА отримують сушкою відповідних дисперсій з концентрацією 20-25% (мас.) в сушарках фірм

«ангідрит» або «Ніро Атомайзер» (Данія). Дисперсія розпорошується за допомогою спеціального сопла або швидко (швидкісного) обертового диска, з боку розпилювального пристрою в сушарку подається гарячий азот або повітря. Температура газу на вході в сушарку 80-85°C, на виході 35-40°C. Сухий порошок відокремлюється в циклоні, а повітря викидається в атмосферу, при використанні азоту здійснюється замкнутий цикл. Готовий редиспергуємий порошок має вологість не більше 2% (мас). Ефект редиспергування може бути отриманий тільки в разі зневоднення грубодисперсних продуктів, одержуваних у присутності захисних колоїдів, зазвичай ПВС.

Для запобігання налипанню порошку на стінки сушарки та його грудкування в дисперсію вводять 0,5-10% аеросилу від маси полімеру.

Дисперсії, модифіковані терморективними смолами. Одним з основних недоліків ПВАД при використанні їх в якості покриттів і клеїв є невисока водостійкість одержуваних матеріалів, що обумовлено наявністю в складі дисперсій гідрофільних захисних колоїдів або емульгаторів, а також високою полярністю молекул самого ПВА. Існує багато способів модифікації ПВАД з метою збільшення водостійкості утворених ними плівок, покриттів і клейових з'єднань. Один з найбільш технологічних способів модифікації грубодисперсних гомо- і кополімерних дисперсій - отримання композицій ПВАД з терморективними олігомерами. Виготовлення таких композицій можливо на заводах-виробниках дисперсій. Як терморективні олігомери для модифікації ПВАД застосовуються епоксидна смола марок ЕД-20 і УП-160 або резольная фенолоформальдегідна смола у вигляді спиртового розчину - бакелітовий лак ЛБС-1. Поєднання ПВАД з епоксидною смолою проводиться в апаратах, забезпечених мішалкою, при кімнатній температурі. Дисперсію завантажують в апарат і при постійному перемішуванні до неї поступово протягом 2-4 год додають рівну кількість епоксидної смоли (до 30% від



маси ПВА) і демінералізованої води. Перемішування після закінчення завантаження смоли і води триває до повного поєднання дисперсії зі смолою, що визначається візуально. Модифікація ПВАД бакелітовим лаком проводиться в аналогічних умовах. Бакелітовий лак, попередньо розбавлений етилацетатом в кількості 10% від маси лаку, додають до ПВАД поступово протягом 5-6 год, після чого композиція перемішується ще 2-3 год. Співвідношення ПВАД і бакелітового лаку від 100: 40 до 100: 50 по масі.

Введення в композицію етилацетату запобігає висаженню фенольної смоли з розчину при змішуванні лаку з водною дисперсією. В результаті змішування ПВАД зі смолами виходять водно-дисперсійні композиції, що представляють собою багатокомпонентні системи, в яких поєднання інгредієнтів відбувається в процесі плівкоутворення в міру віддалення води. Для повного затвердіння плівок (утворення полімерів з тривимірною структурою) потрібне введення затверджувачів, в якості яких для епоксидної смоли зазвичай використовується поліетиленполіамін, а для фенолформальдегідних смол - кислоти, наприклад фосфорна або щавелева. При затвердінні плівок, одержуваних з композиції ПВАД з епоксидною смолою (ПВАЕД), завжди необхідна термообробка при 110 °С протягом 3-4 годин. Твердіння плівок композиції ПВАД з фенолоформальдегідною смолою (ПВАДФ) може відбуватися як на холоді (при введенні в композицію кислих каталізаторів), так і при 100-120°С без отверджувачів. ПВАЕД і ПВАДФ дозволяють отримувати вироби з підвищеною водостійкістю і механічною міцністю в порівнянні з матеріалами на основі вихідної ПВАД. Однак зіставлення властивостей цих двох композицій показує, що плівки з ПВАЕД мають високу стійкість до органічних розчинників, на відміну від плівок з ПВАДФ, але проте останні мають більш високу водостійкість. Це пояснюється тим, що якщо при затвердінні ПВАЕД відбувається структурування всього обсягу полімерної композиції,

то при затвердінні ПВАДФ збільшення водостійкості є наслідком хімічної взаємодії гідроксильних груп захисного колоїду (ПВС) з метилольними групами фенолоформальдегідної смоли. Водостійкість покриттів і клейових з'єднань з грубодисперсних ПВАД може бути підвищена також модифікацією дисперсій карбамідними смолами, тетраетоксісиланом і продуктами його гідролізу, ізоціанатами і іншими сполуками, що взаємодіють з гідроксильними групами ПВС. Ланки акрилової або малеїнової кислоти і дигліциділових ефірів моно-, ди- або триетиленгліколя, утворюють покриття і плівки, які отримують тривимірну структуру при нагріванні до 110-115°C. Зазначені структуруючі агенти одночасно виконують роль пластифікаторів дисперсії.

|      |      |         |         |      |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  | 19   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |      |

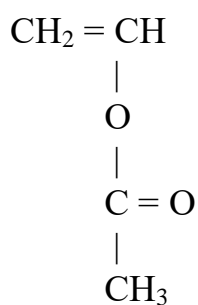
**Технологічний процес виробництва клею ПВА складається з наступних стадій:**

- - підготовка сировини;
- - приготування розчину полівінілового спирту;
- - приготування водної фази;
- - полімеризація вінілацетату;
- - стандартизація: нейтралізація і пластифікація дисперсії;
- - фільтрація та розлив в тару.

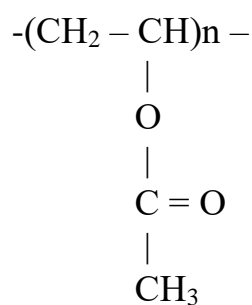
### Полімеризація

Вінілацетат належить до групи вінілових мономерів - з'єднань, що містять угруповання  $\text{CH}_2 = \text{CH} -$

Завдяки наявності цього угруповання вінілові мономери здатні полімеризуватися, тобто утворювати полімерні ланцюги в результаті розкриття подвійних вуглець-вуглецевих зв'язків:



вінілацетат



полівінілацетат

де:  $n$  – число ланок вмакромолекулі полімеру.

Полімеризація вінілацетату відбувається під впливом радикалів, що утворюються при розпаді ініціатора. Радикальна полімеризація є ланцюговим процесом, що включає чотири основні реакції: ініціювання, ріст, передачу і обрив ланцюга.

Реакція полімеризації вінілацетату носить екзотермічний характер, тобто супроводжується великим виділенням тепла.

Масова частка ініціатора - перекису водню - в певних межах (від 0,5 до 2% від вінілацетату) мало впливає на швидкість полімеризації.

Реакція утворення радикалів при взаємодії перекисів і сульфату закисного заліза протікає тільки в кислому середовищі.

Тому в реакційну суміш додають мурашину або азотну кислоту.

Оптимальним є рН водної фази (2,8-3,2), що забезпечується добавкою мурашиної або азотної кислоти (0,12-0,5)% від маси водної фази в залежності від вмісту ацетату натрію в початковому ПВС.

Підвищення кислотності водної фази (до рН не менше 2,8) кілька активізує процес полімеризації.

Для синтезу грубодисперсних ПВАД використовують глибокоомилений поливінілацетат, в якому масова частка неомилених ацетатних груп становить не більше 3%.

Водні розчини ПВС мають високу в'язкість, обумовлену взаємодією між гідроксильними групами різних макромолекул за рахунок утворення водневих зв'язків, в тому числі і за участю молекул води. За рахунок зачеплень між макромолекулами утворюється просторова сітка і при диспергуванні мономера в розчині ПВС виникають емульсійні частки, стабілізовані просторовою сіткою.

У цих частинках і відбувається полімеризація. У присутності ПВС радикал, що виник при розпаді ініціатора, атакує молекулу полівінілового спирту, утворюючи макрорадикал, який в свою чергу ініціює полімеризацію вінілацетату.

Температура полімеризації залежить від ступеня конверсії вінілацетату, оскільки полімеризація протікає в умовах кипіння азеотропної суміші вінілацетат - вода. Тому зазвичай в першому реакторі каскаду температуру не вдається збільшити вище 75 °С, в кращому випадку 80 °С. А саме температура реакційної маси в першому полімеризаторів визначає режим процесу полімеризації в наступних апаратах.

У міру протікання реакції і зменшення вмісту мономера в реакційній середовищі температура поступово збільшується, досягаючи 88-90 °С. В

інтервалі ступеня перетворення мономера від 0 до 70% швидкість полімеризації вінілацетату висока, але різко знижується при конверсії більше 70%. Це відбувається в результаті так званих дифузійних обмежень, тобто труднощі дифузії мономеру до зростаючих макрорадикалів, що знаходяться в полімерно-мономерних частках, в результаті збільшеної в'язкості середовища. При конверсії вінілацетату більше 95% швидкість процесу мала.

Підвищення температури емульсійної полімеризації, як правило, призводить до зростання в'язкості дисперсії.

Швидкість перемішування при полімеризації повинна бути оптимальною. Перемішування в емульсійній полімеризації служить для двох цілей:

- по-перше, для підтримки рівномірності реакційної маси і попередження утворення агломератів;
- по-друге, для вирівнювання температури у всій масі реакційної суміші.

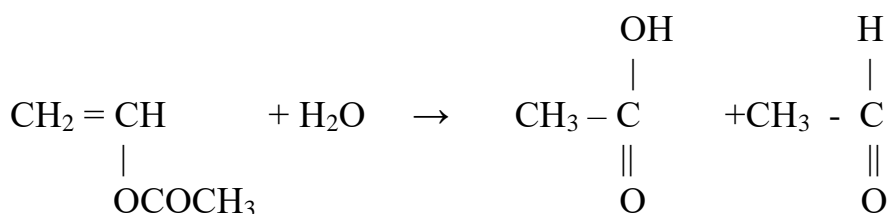
З одного боку, процес полімеризації йде краще при менш інтенсивному перемішуванні, так як при цьому знижується тривалість індукційного періоду і швидкість реакції зростає, з іншого боку, потрібно достатня швидкість перемішування для кращого розподілу тепла по всій реакційній масі і поліпшення якості продукції.

Велика частота обертання мішалок в полімеризаторах і стандартизаторах призводить до зниження в'язкості дисперсії. При механічній дії на ПВАД (перекачування насосами, особливо відцентровими) відбувається руйнування агрегованих і просторових структур, утворених захисним колоїдом - ПВС, в'язкість дисперсії при цьому знижується.

#### Нейтралізація ПВАД

Крім мурашиної кислоти, що додається в водну фазу для створення необхідної величини рН середовища, готова ПВАД містить деяку кількість оцтової кислоти, що утворюється за рахунок гідролізу вінілацетату:

|      |      |         |         |      |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  | 22   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |      |



Необхідність нейтралізації ПВАД викликана тим, що в процесі експлуатації дисперсія в ряді випадків стикається з металевим обладнанням і може викликати його корозію. Крім того, підвищений вміст кислоти в дисперсії призводить до зниження її морозостійкості. У зимовий час рекомендується випускати ПВАД з рН не нижче 5,0.

Нейтралізація дисперсії проводиться водним розчином аміаку.

#### Пластифікація ПВАД

Температура склування полівінілацетатної дисперсії близько 28 °С, тому при кімнатній, а тим більше при зниженій температурі полімер знаходиться в склоподібному стані.

Для зниження температури склування полімери пластифікують шляхом змішування з нелеткою рідиною, сумісною з полімером. Сутність пластифікації полягає в зміні гнучкості молекул полімеру і збільшенні їх рухливості відносно один одного. Для пластифікації полівінілацетата використовуються пластифікатори (дибутилфталат, диметилфталат, триацетин, флотореагенті т.д.) і коалісценти (дованол, тексанол, різні гліколи). Кількість вводимого пластифікатора визначається призначенням ПВАД і коливається від 5 до 50% від сухого залишку.

Зі збільшенням вмісту пластифікатора в полімері підвищується еластичність полівінілацетата, що виражається відносним подовженням при розтягуванні, але одночасно знижується його механічна міцність.

В процесі пластифікації зазвичай підвищується в'язкість ПВАД, причому це збільшення тим помітніше, чим вище температура пластифікації.

## 2.ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

### 2.1 Характеристика сировини та напівфабрикатів.

Для отримання клею ПВА використовуються наступні речовини: основна сировина - вінілацетат, пероксид водню, полівініловий спирт, оцтова кислота, сульфат заліза (II).

#### 1. Вінілацетат

Вінілацетат (вініловий ефір оцтової кислоти)  $CH_2 = CH-OCO-CH_3$  - прозора безбарвна рідина з характерним запахом. Добре розчинний у звичайних органічних розчинниках. ВА утворює азеотропні суміші з такими речовинами як вода, спирти і вуглеводні. Основні фізико-хімічні властивості ВА наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Фізико-хімічні властивості вінілацетату

| Властивість                  | Значення |
|------------------------------|----------|
| Молекулярна маса, кг/кмоль   | 86,09    |
| Фізичний стан                | жидкість |
| Температура кипіння, °C      | 72,7 °   |
| Щільність, кг/м <sup>3</sup> | 934      |

За хімічними властивостями вінілацетат поводить ся як типовий представник ефірів:

- в розчинах кислот і лугів гідролізується утворюючи оцтову кислоту і ацетальдегід;

- взаємодіє з карбоновими кислотами в присутності солей Hg, утворюючи нові вінілові ефіри;

- під дією світла, радикальних ініціаторів полімерізується з утворенням полівінілацетата, сополімерізується з вініловими мономерами.

- за подвійним зв'язком приєднує галогени, HCl, HBr, H<sub>2</sub>, оцтову кислоту

та

ін.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |  | 24   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |  |      |

Основний спосіб отримання вінілацетату в промисловості є окисне приєднання оцтової кислоти до етилену в присутності солей Pd:



Вінілацетат має наркотичну, загально-токсичну і подразнюючу дію, його пари можуть викликати опік рогівки очей, ГДК = 10 мг / м<sup>3</sup>.

## 2. Пероксид водню

Пероксид водню (ПВ) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – безбарвна рідина володіє «металевим» смаком, необмежено розчиняється у воді, спиртах, ефірах. Пероксид водню - хороший розчинник, проте його концентровані водні розчини вибухонебезпечні.

Основні фізико-хімічні властивості ПВ наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Фізико-хімічні властивості пероксиду водню

| Властивості                  | Значення |
|------------------------------|----------|
| Молекулярна маса, кг/кмоль   | 34,1     |
| Фізичний стан                | рідина   |
| Температура кипіння, °С      | 150,2    |
| Щільність, кг/м <sup>3</sup> | 1400     |

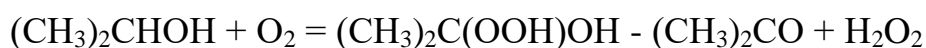
Один з найбільш сучасних методів отримання H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - це електроліз розчинів сірчаної кислоти. В процесі на аноді сульфат-іони окислюються до надсульфат-іонів. Потім надсірчана кислота (H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) гідролізується. На катоді виділяється водень.

Однак основним сучасним способом (більш 80% світового виробництва пероксиду водню) є окислення таких органічних сполук як, наприклад, етилантрагідрохінон киснем повітря в органічному розчиннику. В процесі



окислення з антрагідроксиону утворюються  $\text{H}_2\text{O}_2$  і відповідний антрахінон, який потім знову відновлюють воднем в антрагідроксинон на каталізаторі.

Пероксид водню водою беруть із суміші і концентрують перегонкою. Аналогічна реакція протікає при використанні ізопропілового спирту, з тією лише відмінністю, що присутнє проміжне утворення гідропероксиду:



### 3. Полівініловий спирт

Полівініловий спирт  $[\text{C}_2\text{H}_4\text{O}]_n$  - штучний, водорозчинний, термопластичний полімер, не має запаху і нетоксичний. Володіє рядом властивостей, таких як плівкоутворювальні, емульгуючі та склеюючі. Ці властивості дозволяють використовувати ПВС в різних галузях і сферах.

Полівініловий спирт стійкий до впливу масел, жирів і розчинників. Деякі властивості, а саме, міцність на розтягування і гнучкість, знаходяться в прямій залежності від вологості, при підвищенні якої ПВС вбирає воду (вода зменшує міцність полівінілового спирту).

Основні фізико-хімічні властивості полівінілового спирту наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Фізико-хімічні властивості полівінілового спирту

| Власивості                           | Значення |
|--------------------------------------|----------|
| Фізичний стан                        | порошок  |
| Температура плавлення, °C            | 150-230  |
| Насипна щільність, кг/м <sup>3</sup> | 0,3-0,7  |

В даний час промисловий спосіб отримання полівінілового спирту відбувається за допомогою полімераналогічних перетворень, в яких в якості вихідних полімерів використовуються прості і складні полівінілові ефіри, в

тому числі ПВА. Основними способами отримання ПВС є різні варіанти омилення ПВА в середовищі спиртів або у воді в присутності лугів і кислот.

#### 4. Оцтова кислота

Оцтова кислота (етанова кислота)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  - безбарвна рідина з характерним різким запахом, має кислий смак. Необмежено розчинна у воді.

Зміщується з багатьма розчинниками; є хорошим розчинником для неорганічних сполук і газів ( $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  і інші).

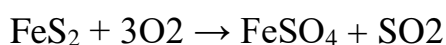
Основні фізико-хімічні властивості оцтової кислоти наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Фізико-хімічні властивості оцтової кислоти

| Властивості                  | Значення |
|------------------------------|----------|
| Молекулярна маса, кг/кмоль   | 60,05    |
| Фізичний стан                | рідина   |
| Температура кипіння, °C      | 118,1    |
| Щільність, кг/м <sup>3</sup> | 1049     |

#### 5. Сульфат заліза

Одиним з відомих способів отримання сульфату заліза є окислювальний випал піриту:



Однак в промисловості  $\text{FeSO}_4$  отримують як побічний продукт виробництва оксиду титану з ільменіту.

#### 2.2. Властивості готового продукту

ПВАД володіє клеючими властивостями, має високу адгезію до різних матеріалів. Покриття з дисперсії відрізняються високою механічною міцністю, світлостійкістю, а також стійкістю до жирів, рослинних і мінеральних масел.

Основні фізико-хімічні властивості полівінілацетатної дисперсії наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Фізико-хімічні властивості полівінілацетатної дисперсії

| Властивості                           | Значение   |
|---------------------------------------|--|
| Зовнішній вигляд                      | В'язка рідина білого або жовтуватого кольору без сторонніх домішок |
| Щільність при 20°C, г\см <sup>3</sup> | 1,08 – 1,10  |
| Температура замерзання, °C            | 0°C  |
| Динамічна в'язкість, Па.с             | 0,2-15   |
| Зміщуваність з водою                  | не обмежена  |

Клей ПВА застосовується:

- при виготовленні різних шкірогалантерейних виробів, для паперу, картону, деревини, фанери, бавовняних тканин, при виробництві тари і упаковки з паперу, картону, гофрокартону і деревини, а також для наклеювання етикеток (ПВАД всіх марок);

- для облицювальних і фасадних плиток, як добавки для обробки тканин, у виробництві скловолокна, скловолокна, при виготовленні підкрохмалюють коштів в товарах побутової хімії, в якості сполучного для виготовлення полімерних і безшовних покриттів підлог;

- проклеюють речовин при виробництві взуттєвого картону;
- сполучного при виготовленні клею для меблевої промисловості
- у виробництві тютюнових виробів;

### 3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСА ТА СХЕМИ

#### 1 Приготування водної фази

Отримання клею ПВА проводять в реакторі поз. Р-2. (див. креслення схеми виробництва полівінілацетатної дисперсії). Реактор поз. Р-2 - апарат місткістю 3,2 м<sup>3</sup>. Реактор забезпечений якірної мішалкою зі швидкістю обертання 50 об/хв, сорочкою для нагрівання і охолодження водою, нижнім спуском, оглядовим ліхтарем, приладами для вимірювання температури і тиску.

Для вловлювання пари, що виділяється реактор поз. Р-2 скомуніцирован з зворотним теплообмінником Т-2. Теплообмінники охолоджуються оборотною водою. Конденсат з трубного простору теплообмінників поз. Т-2 повертається в реактор поз. Р-2. Несконденсовані пари вінілацетату надходять в ємність поз. Е-6 / 1,2, скомуніцированою з теплообмінниками.

Ємності Е-6 / 1,2 («суха» і «мокра») служать в якості хвостових пасток для додаткового уловлювання несконденсованих парів.

Перед початком процесу, реактор продувають азотом  $P = 0,05\text{МПа}$ , залюковують, відкривають лінію на теплообмінник, що працює як «зворотний», подають оборотну воду на охолодження теплообмінника.

У реактор завантажують по лічильнику розрахункову кількість води з колектора. Включають мішалку і через люк реактора вручну надають розрахункову кількість полівінілового спирту.

Після завантаження ПВС, включають обігрів реактора гарячою водою, реакційну суміш нагрівають до 90°C і перемішують при цій температурі 2-3 години, після чого відбирають пробу реакційної маси на аналіз вмісту ПВС в розчині. При задовільному результаті аналізу і відсутності необхідності коригування, реакційну суміш охолоджують до 60°C подачею в сорочку оборотної води.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  | 29   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

Після цього вручну через люк реактора надають необхідну кількість піногасника.

## 2 Полімеризація вінілацетату

Далі, з видаткової ємності ініціатора поз.Е-2 / 1-3, сталевого емальованого місткістю 0,100 м<sup>3</sup>, безперервно дозують розрахункову кількість водного розчину ініціатора за допомогою стиснутого повітря через механічний ротаметр.

Одночасно, під шар розчину ПВС, за допомогою насоса поз.Н-1 по лічильнику, безперервно дозується розрахункова кількість вінілацетату. Дозування вінілацетату ведуть через пневматичний ротаметр.

Тепло реакції, що виділяється при полімеризації відводиться через сорочку реактора і зворотний теплообмінник, конденсуючий азеотропну суміш вінілацетат-вода. У міру підйому температури, внаслідок екзотермічної ефекту процесу полімеризації, в оглядовому ліхтарі шлемової труби з'являється флегма (конденсат). При цьому температуру в апараті підтримують не вище 75-80°C.

Час дозування розчину ініціатора і вінілацетату становить 3 - 4 години (в залежності від розрахункового завантаження реактора). Температура в процесі синтезу підтримується в межах 75-80°C. Після закінчення дозування температура піднімається до 85-88°C і проводиться витримка протягом 1 години для досягнення вмісту залишкового мономера не вище 1%.

При сталому режимі полімеризації і наростання в'язкості реакційної маси можуть спостерігатися екзотермічні скачки температури, які слід регулювати подачею охолоджувальної води в сорочку реактора.

Після цього проводять процес постполімеризації. Для цього вручну через люк реактора довантажують 1 л розчину ініціатора і дають витримку 2 години при температурі 85°C.

Далі відбирають пробу на аналіз (в'язкість по Брукфілд, відсутність коагулюма на скляній пластинці, запах залишкового мономера).

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 30   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

При досягненні необхідних параметрів якості (вміст залишкового мономера) реакційну масу в реакторі охолоджують до 30-35°C.

### 3 Нейтралізація полівінілацетатної дисперсії

У попередньо проаналізовану реакційну масу для нейтралізації кислоти поступово, при постійному перемішуванні, вручну через люк завантажують 25% аміачну воду. Після цього масу перемішують ще не менше 0,5 години для повноти проходження процесу нейтралізації. Потім мішалку зупиняють і відбирають пробу для визначення рН.

### 4 Стандартизація полівінілацетатної дисперсії

При включеній працюючій мішалці реактора дисперсію охолоджують до ~ 35°C зворотною водою, яка подається в сорочку реактора.

Для отримання пластифікованих марок клею ПВА в реактор за допомогою вакууму завантажують розрахункову кількість пластифікатора. Перша проба для визначення повноти суміщення клею з пластифікатором відбирається через 2 години після закінчення зливу пластифікатора.

При задовільному суміщенні (аналіз на скляній пластинці) відбирають пробу на аналіз готової продукції. Якщо суміщення до кінця не настало, то перемішування продовжують до отримання задовільного результату. Дисперсію аналізують на відповідність вимогам нормативного документа.

### 5 Розфасовка готової продукції

Готовий клей ПВА за допомогою стиснутого повітря ( $P = 0,06$  МПа) з реактора поз.Р-2, розфасовують у тару (пластикові контейнери ( $V = 1$  м<sup>3</sup>), сталеві бочки ( $V = 200$  л), поліетиленові бідони ( $V = 20$  л) і герметично упаковують.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |  | 31   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |  |      |

Після цього готову продукцію в тарі встановлюють на ваги поз.В-2 для контролю маси. У міру формування партій клей ПВА відправляють споживачеві.

## Допоміжні стадії

### 1 Приготування водного розчину ініціатора

Ініціатором вільних радикалів при емульсійній полімеризації вінілацетату використовують водний - 20%-вий розчин перекису водню.

Водний розчин ініціатора готують в оборотній тарі, місткістю 100 л.

У ємність заливають воду з колектора по лічильнику і вручну додають розрахункову кількість сипучих компонентів. Після цього розчин перемішують.

Водний розчин ініціатора за допомогою вакууму завантажують в видаткову ємність поз.Е-2 / 1-3.

### 2 Промивання устаткування

Промивання реакторів поз. Р-2, перед ремонтом або в міру забруднення здійснюють водою.

У звільнений від продукту реактор поз. Р-2, з колектора по лічильнику завантажують воду. Далі включають мішалку реактора і додатково заливають воду до повного об'єму апарату.

Промивання апарату проводиться при безперервному перемішуванні при температурі в апараті 90-95°C не менше 12 годин. Потім промивну воду охолоджують до температури 30-40°C, самопливом зливають у тару і використовують у виробництві для приготування ПВАД.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 32   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

### 3.Забезпечення виробництва азотом

Азот  $P = 15,0$  МПа на підприємство надходить в балонах, поз.БА-1/1 ÷ 8, які встановлюються в 2-х металевих шафах (по чотири в кожному) поз.Ш-1 / 1,2, і підводиться до вузла редукування, оснащеному регулятором тиску газу, що забезпечує зниження тиску азоту до 0,05 МПа і 0,005 МПа.

Для запобігання утворенню вибухонебезпечної суміші вінілацетату з повітрям і пожежовибухобезпеки при зливі з автоцистерни, зберіганні (поз.Е-1) і видачі вінілацетату в реактори поз. Р-2, передбачена схема «азотного дихання». Надходження азоту і скидання його з ємнісного обладнання проводять через бачки «азотного дихання» поз.Е-9, Е-10, заповнені водою.

Тиск азоту на бачки "азотного дихання"  $P = 0,005$ МПа.

Азот  $P = 0,05$  МПа використовується для продувки устаткування – поз.Е-1, Е-11, поз. Р-2 і трубопроводів, при розфасовці клеїв ПВА.

### 4 Забезпечення виробництва стисненим повітрям

Для забезпечення виробництва стисненим повітрям передбачений гвинтовий компресор поз.К-1 марки ВК7Е-8-500Д на ресивері з осушувачем. Продуктивність компресора 800 л/хв, максимальний тиск стисненого повітря - 0,8 МПа.

Компресор з системою осушення встановлений в ізольованому приміщенні. Стиснене повітря після редукування з тиском  $P = 0,06$  МПа направляється в апарат поз.Р-2, для розфасовки готового продукту, а також у витратні ємності ініціатора поз.Е-2/1 -3 для завантаження його в реактори.

Надходження стиснутого повітря до приладів КВП здійснюється від компресора поз.К-1 через колону-осушувач поз.К-2а, фільтри поз.К-2 / б, в і редукування тиску від  $P = 0,8$  МПа до 0,06 МПа. Зниження тиску до 0,06 МПа забезпечується регулятором тиску.

|      |      |         |         |      |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  | 33   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |      |



## 5. Забезпечення виробництва зворотною водою

Система охолодження води складається з підземного збірника оборотної води поз.Е-7 сталевого, горизонтального місткістю 75 м<sup>3</sup>, охолоджувача води поз.ОХ-1 (АВМ-Г-14,6-Ж-0,6-Б1-В1 / 6-4 -1,5 з повітряним вентилятором), насосів для подачі оборотної води поз.Н-8 / 1,2 продуктивністю 40 м<sup>3</sup>/год і насосу поз.Н-8/3.

Оборотна вода використовується для охолодження реакторів поз. Р-2, теплообмінників поз. Т-2.

Нагріта вода з сорочок реакторів і теплообмінників надходить в апарат повітряного охолодження поз.ОХ-1, де охолоджується до температури (20 ÷ 25)°С і збирається в збірнику води поз.Е-7, місткістю 75 м<sup>3</sup>, забезпеченому приладом контролю рівня. За допомогою насосів поз.Н-8 / 1,2 охолоджена вода подається в сорочки реакторів і теплообмінники. Цикл повторюється.

Контроль температури оборотної води передбачений на лінії подачі і повернення її з обладнання.

Заповнення і підживлення водообігового циклу здійснюється з системи комплексного очищення води поз.Ф типу Ecosoft FK -1252-CE.

## 6. Схема обігріву

В якості теплоносія використовується гаряча вода з температурою  $t = (70 \div 90) ^\circ \text{C}$ , яка надходить з проектованої котельні.

В котельні передбачається установка двох твердопаливних котлів КТ-3Е тепловою потужністю 150 кВт кожен, бака-теплоаккумулятора ВТА-4-ЕКОНОМ, сталевого вертикального  $V = 3000$  л, циркуляційних насосів фірми "ДАВ"; бака запасу пом'якшеної води (поліетиленового,  $V = 1000$  л) з підживлювальної насосом "ДАВ"; розширювального бака мембранного типу  $V = 300$  л.

## 4. МАТЕРІАЛЬНИЙ І ТЕПЛОВОЙ БАЛАНСИ

### 4.1. Матеріальний баланс

Вихідні дані для матеріальних розрахунків виробництва клею ПВА (полівінілацетатної дисперсії марки Д51/10С):

Приготування водної фази (ВФ) - ПВС 8%, Н<sub>2</sub>О 91,4%, НСООН 0,6%.

Полімеризація - FeSO<sub>4</sub> 0,05%, ВА 53,45%, Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub> 1,5%, втрати 0,2%

Пластифікація – ДБФ 5%, втрати 0,05%

Стандартизація - NH<sub>3</sub>(вод) 1,2%, втрати 0,4%

Фасування - втрати 0,6%

Потужність базового виробництва складає 200 т/рік

Склад сировини для виробництва полівінілацетатної дисперсії наведено

в

таблиці 6.

Таблиця 6

Склад сировини

| Назва сировини                | % - й вміст від маси |  |      |
|-------------------------------|----------------------|--|------|
|                               | ВФ                   | ВА                                     | ПВАД |
| НСООН                         | 0,15÷0,6             |  |      |
| ПВС                           | 5,6÷9,3              |  |      |
| Н <sub>2</sub> О              | 9,0÷92,8             |  |      |
| ВА                            |                      | 100                                    |      |
| Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> |                      | 1,2÷2,2                                |      |
| FeSO <sub>4</sub>             |                      | 5*10 <sup>-4</sup> ÷4*10 <sup>-3</sup> |      |
| ДБФ                           |                      |  | 5,0  |
| NH <sub>3</sub> (вод)         |                      |  | 1,2  |

Цех виробництва клея ПВА має періодичний режим роботи. Тому для визначення ефективного фонду робочого часу скористаємося такою формулою:

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  |  | 35   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{кап}} - T_{\text{реж}} - T_{\text{проф}} - T_{\text{тех}},$$

де  $T_{\text{кал}}$  – календарний фонд часу;

$T_{\text{кап}}$  – час на капітальний ремонт;

$T_{\text{реж}}$  – час на режимні зупинки;

$T_{\text{проф}}$  – час на вихідні та свята;

$T_{\text{тех}}$  – технічні зупинки.

$$T_{\text{кал}} = 365 * 24 = 8760 \text{ год};$$

$$T_{\text{кап}} = 8 * 24 = 192 \text{ год};$$

$$T_{\text{реж}} = 1,6 * 24 = 144 \text{ год};$$

$$T_{\text{проф}} = 10 * 24 = 240 \text{ год};$$

$$T_{\text{тех}} = 184 \text{ год};$$

$$T_{\text{эф}} = 8760 - 192 - 144 - 240 - 184 = 8000 \text{ год}.$$

Визначивши ефективний фонд робочого часу, розрахуємо продуктивність цеху.

Годинна продуктивність:

$$\frac{200 * 1000}{8000} = 25 \text{ кг/год}$$

Матеріальні розрахунки по стадіях технологічного процесу.

Матеріальні розрахунки проводяться на основі вихідних даних виробництва, починаючи з останньої стадії.

#### Стадія фасування

Отриманокля ПВА з урахуванням втрат в годину:

$$\frac{25 * 100}{100 - 0,6} = 25,15 \text{ кг/год отримано клея ПВА,}$$

де, 25 кг/год кількість виробленого клея ПВА в годину;

100%-0,6% -втратина стадії фасування;

Втрати на стадії фасування складають в годину:

$$25,15 - 25 = 0,15 \text{ кг/год}.$$

|      |      |         |         |      |
|------|------|---------|---------|------|
|      |      |         |         |      |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

### Стадія стандартизації

Отримано клея ПВА:

$$\frac{25,15 \cdot 100}{100 - 0,4} = 25,25 \text{ кг/год,}$$

де 25,15 –кількість клея ПВА отриманного на стадії фасування;  
100%-0,4%-втрати,на стадії стандартизації

Втрати на стадії стандартизації складають

$$25,25 - 25,15 = 0,1 \text{ кг/год}$$

Знайдемо кількість завантаженого  $\text{NH}_3$ (вод)

$$x + y = 25,25;$$

де 25,25 кількість отриманог клея ПВА на стадії стандартизації

x – кількість дисперсії до стандартизації

y - кількість завантаженого  $\text{NH}_3$  (1,2%)

$$y = 0,012 \cdot x$$

$$x = 24,95 \text{ кг/год}$$

$$y = 0,299 \text{ кг/год}$$
 кількість завантаженого  $\text{NH}_3$

### Стадія пластифікації

Отримано:

$$\frac{24,95 \cdot 100}{100 - 0,05} = 24,96 \text{ кг/год}$$

Втратина стадії пластифікації складають:

$$24,96 - 24,95 = 0,01 \text{ кг/год}$$

Знайдемо кількість завантаженого пластифікатора.

$$x + y = 24,96$$

де x – кількість дисперсії до стандартизації

y -кількість завантаженого пластифікатора (5%)

$$y = 0,05 \cdot x$$

$$x = 23,77 \text{ кг/год}$$

$$y = 1,188 \text{ кг/год} - \text{кількість завантаженого пластифікатора}$$

### Стадія полімерізації

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 37   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

Отримано всього на стадії полімеризації:

$$\frac{23,77 * 100}{100 - 0,2} = 23,8 \text{ кг/год}$$

Втратина стадії полімеризації складають:

$$23,8 - 23,77 = 0,03 \text{ кг/год}$$

Вміст компонентів у полімеризаторі у такому відсотковому співвідношенні:

водна фаза (ВФ)-45%; вінілацетат (ВА) – 53,45%; FeSO<sub>4</sub> – 0,05%; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 1,5%.

Визначемо кількість завантаженого ВА

$$23,8 - 100\%$$

$$x - 53,45\%$$

$$x = 12,72 \text{ кг/год} - \text{кількість ВА}$$

Визначемо кількість завантаженого FeSO<sub>4</sub>.

$$23,8 - 100\%$$

$$x - 0,05\%$$

$$x = 0,019 \text{ кг/год} - \text{кількість FeSO}_4$$

Визначемо кількість завантаженого H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

$$23,8 - 100\%$$

$$x - 1,5\%$$

$$x = 0,357 \text{ кг/год} - \text{кількість H}_2\text{O}_2$$

Визначемо кількість завантаженої ВФ:

$$23,8 - 100\%$$

$$x - 45\%$$

$$x = 10,71 \text{ кг/год} - \text{кількість ВФ}$$

Стадія приготування водной фази:

Отримано 10,71 кг/год

Визначемо вміст компонентів водной фази:

H<sub>2</sub>O

10,71 – 100%

x – 91,4%

x=9,789кг/год - кількість H<sub>2</sub>O

ПВС

10,71 – 100%

x – 8%

x=0,857кг/год - кількість ПВС

НСООН

10,71 – 100%

x – 0,6%

x=0,064кг/год - кількість мурашиної кислоти НСООН

Усі розрахунки за окремими стадіями зведено до таблиць 7-11

Таблиця 7

Стадія фасування

| Завантажено | Кількість |     | Одержано | Кількість |      |
|-------------|-----------|-----|----------|-----------|------|
|             | кг/год    | %   |          | кг/год    | %    |
| Клей ПВА    | 25,15     | 100 | Клей ПВА | 25        | 99,4 |
|             |           |     | Втрати   | 0,15      | 0,6  |
| Разом       | 25,15     | 100 | Разом    | 25,15     | 100  |

Таблиця 8

Стадія стандартизації

| Завантажено        | Кількість |       | Одержано | Кількість |      |
|--------------------|-----------|-------|----------|-----------|------|
|                    | кг/год    | %     |          | кг/год    | %    |
| Клей               | 24,95     | 98,88 | Клей ПВА | 25,15     | 99,6 |
| ПВАНH <sub>3</sub> | 0,299     | 1,12  | Втрати   | 0,100     | 0,4  |
| Разом              | 25,25     | 100   | Разом    | 25,25     | 100  |

Таблиця 9

Стадія пластифікації

| Завантажено | Кількість |     | Одержано | Кількість |       |
|-------------|-----------|-----|----------|-----------|-------|
|             | кг/год    | %   |          | кг/год    | %     |
| ПВА         | 23,77     | 95  | Клей ПВА | 24,95     | 99,95 |
| ДФФ         | 1,19      | 5   | Втрати   | 0,012     | 0,05  |
| Разом       | 24,96     | 100 | Разом    | 24,96     | 100   |

Таблиця 10

Стадія полімеризації

| Завантажено | Кількість |   | Одержано | Кількість |   |
|-------------|-----------|---|----------|-----------|---|
|             | кг/год    | % |          | кг/год    | % |
|             |           |   |          |           |   |

|      |      |         |         |      |
|------|------|---------|---------|------|
|      |      |         |         |      |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |

Лист

39

|                               |       |       |        |       |      |
|-------------------------------|-------|-------|--------|-------|------|
| ВФ                            | 10,71 | 45    | ПВА    | 23,77 | 99,8 |
| ВА                            | 12,72 | 53,45 |        |       |      |
| FeSO <sub>4</sub>             | 0,019 | 0,05  |        |       |      |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 0,357 | 1,5   | Втрати | 0,047 | 0,2  |
| Разом                         | 23,81 | 100   | Разом  | 23,81 | 100  |

Таблиця 11 Стадія приготування водної фази

| Завантажено      | Кількість |      | Одержано   | Кількість |     |
|------------------|-----------|------|------------|-----------|-----|
|                  | кг/год    | %    |            | кг/год    | %   |
| H <sub>2</sub> O | 9,789     | 91,4 | Водна фаза | 10,71     | 100 |
| ПВС              | 0,857     | 8    |            |           |     |
| HCOOH            | 0,064     | 0,6  | Втрати     |           | -   |
| Разом            | 10,71     | 100  | Разом      | 10,71     | 100 |

Зведення матеріального балансу

Зведений матеріальний баланс наведено у таблиці 12

Таблиця 12 Зведений матеріальний баланс

| Завантажен<br>о               | Кількість |         |        |
|-------------------------------|-----------|---------|--------|
|                               | кг/год    | кг/добу | т/рік  |
| 1                             | 2         | 3       | 4      |
| HCOOH                         | 0,064     | 1,536   | 0,512  |
| ПВС                           | 0,857     | 20,568  | 6,856  |
| H <sub>2</sub> O              | 9,789     | 234,936 | 78,312 |
| ВА                            | 12,72     | 305,28  | 101,76 |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 0,357     | 8,568   | 2,856  |
| FeSO <sub>4</sub>             | 0,019     | 0,456   | 0,152  |
| ДБФ                           | 1,19      | 28,56   | 9,52   |
| NH <sub>3</sub>               | 0,299     | 7,176   | 2,392  |
| Разом:                        | 25,3      | 607,2   | 202,36 |
| Одержано                      | Кількість |         |        |
|                               | кг/год    | кг/добу | т/рік  |
| Клей ПВА                      | 25        | 600     | 200    |
| Втрати на<br>стадіях:         |           |         |        |
| Приготуван<br>ня ВФ           | -         | -       | -      |
| Полімериза<br>ція             | 0,047     | 1,128   | 0,376  |
| Пластифіка<br>ція             | 0,012     | 0,288   | 0,096  |
| Стандартиза<br>ція            | 0,1       | 2,4     | 0,8    |

|           |      |       |       |
|-----------|------|-------|-------|
| Фасування | 0,15 | 3,6   | 1,2   |
| Разом:    | 25,3 | 607,2 | 202,4 |



## 4.2. Тепловий баланс

Нижче розрахунок буде представлений для одного апарату.

Полімеризація вінілацетату в розчині складається з трьох стадій:

- а) стадія нагрівання;
- б) стадія реакції;
- в) стадія охолодження.

Стадії технологічного процесу:

- завантаження реактора - 1 година;
- нагрів реакційної суміші - 2 години;
- тривалість хімічної реакції - 6 годин;
- охолодження розчину - 4 години;
- стандартизація і вивантаження з реактора - 1 година.

Тепловий баланс стадії нагрівання:

Дать означення в формулах

$$Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}} + Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}} + Q_{\text{пр}}^{\text{Меш}} + Q_{\text{пр}}^{\text{Тепл}} = Q_{\text{р}}^{\text{В-В}} + Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}} + Q^{\text{Пот}};$$

де -  $Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}}$  - теплота, що надходить в апарат з завантаженими речовинами;

$Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}}$  - теплота, що надходить в апарат з реактора;

$Q_{\text{пр}}^{\text{Меш}}$  - теплота, що надходить в апарат з мішалки;

$Q_{\text{пр}}^{\text{Тепл}}$  - теплота, що надходить в апарат з теплоносієм;

$Q_{\text{р}}^{\text{В-В}}$  - теплота, яка йде з продуктами реакції;

$Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}}$  - теплота, яка йде з реактором;

$Q^{\text{Пот}}$  - теплота, що витрачається в навколишнє середовище.

Тепло, що надходить в апарат за рахунок теплоносія:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{Тепл}} = Q_{\text{р}}^{\text{В-В}} + Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}} + Q^{\text{Пот}} - Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}} - Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}} - Q_{\text{пр}}^{\text{Меш}}$$

Теплота, що надходить в апарат з завантаженими речовинами:

$G_1$  - кількість тепла, що підводиться з вінілацетатом

$c_{\text{ВА}}$  - теплоємність вінілацетату;

$t_1$  - температура сировини на початку нагріву

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 42   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

$t_2$  - температура сировини необхідна

$G_2$ - кількість тепла, що підводиться з ініціатором

$C_{i-p}$  - теплоємність ініціатора;

$G_{ап}$  - маса апарата становить 5980 кг

$c_{ап}$  - теплоємність матеріалу

$$Q_{пр}^{B-B} = G_1 * c_{BA} * t_1 + G_2 * c_{i-p} * t_1 = 3435,96 * 1,93 * 20 + 3435,96 * 2,43 * 20 = 299615,94 \text{ кДж.}$$

Тепло, що виходить з апарату з продуктами:

$$Q_p^{B-B} = G_1 * c_{BA} * t_2 + G_2 * c_{i-p} * t_2 = 3435,96 * 2,36 * 80 + 3435,96 * 3,04 * 80 = 1408552,26 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить в апарат реактора:

$$Q_{пр}^{P-P} = G_{ап} * c_{ап} * t_1 = 5980 * 0,5 * 20 = 59800,0 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається за рахунок реактора:

$$Q_p^{P-P} = G_{ап} * c_{ап} * t_2 = 5980 * 0,5 * 80 = 227240,00 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить в апарат за рахунок мішалки:

$$Q_{пр}^{меш} = 0,01 * (Q_{пр}^{B-B} + Q_{пр}^{P-P}) = 0,01 * (299615,94 + 59800,0) = 3594,16 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається в навколишнє середовище:

$$Q_{пот} = 0,05 * (Q_p^{P-P} + Q_p^{B-B}) = 0,05 * (227240,00 + 1408552,26) = 81789,61 \text{ кДж.}$$

Тепло, що надходить в апарат за рахунок теплоносія

$$Q_{пр}^{тепл} = 1408552,26 + 227240,00 + 81789,61 - 299615,94 - 59800,0 - 3594,16 = 1354571,77 \text{ кДж.}$$

Маса теплоносія – води:

$$m_{тепл} = Q_{пр}^{тепл} / c_v * t_{90} = 1354571,77 / 4,208 * 90 = 3576,71 \text{ кг.}$$

Теплонапруженість стадії нагріву:

$$q_1 = Q_{пр}^{тепл} / \tau = 1354571,77 / 3600 * 2 = 188,134 \text{ кВт.}$$

Таблиця 12

Тепловий баланс стадії нагрівання

| Надходження   | кДж        | Витрати  | кДж        |
|---|------------|--|------------|
| Теплота, що надходить в апарат з завантаженими речовинами | 29961,94   | Теплота, яка йде з продуктами реакції            | 1408552,26 |
| Реактор   | 59800,00   | Реактор  | 227240,00  |
| Мешалка   | 3594,16    | Теплота, що витрачається в навколишнє середовище | 81789,61   |
| Теплота, що надходить в апарат з                          | 1354571,77 |  |            |

|      |      |         |         |      |
|------|------|---------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |
|------|------|---------|---------|------|

|             |                |       |                |
|-------------|----------------|-------|----------------|
| теплоносієм |                |       |                |
| Разом       | 17175<br>81,87 | Разом | 1717581,<br>87 |

Теплової баланс реакції

$$Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}} + Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} + Q_{20}^{\text{тепл}} + Q_{\text{хр}} = Q_{\text{р}}^{\text{п+э}} + Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}} + Q_{\text{пот}} + Q_{50}^{\text{тепл}}$$

$$\Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}} = Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}} + Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}} + Q_{\text{р}}^{\text{меш}} + Q_{\text{хр}} - Q_{\text{пот}} - Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}} - Q_{\text{р}}^{\text{Р-Я}}$$

Теплота хімічної реакції

$$Q_{\text{хр}} = Q_{\text{пм}} * m_{\text{п}} = 89,5 * 6875,71 = 615376,26 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить в апарат з завантаженими речовинами

$$Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}} = G_1 * c_{\text{ВА}} * t_2 + G_2 * c_{\text{и-р}} * t_2 = 3435,96 * 2,36 * 76 + 3435,96 * 3,04 * 76 = 1408552,26 \text{ кДж.}$$

Теплота, яка йде з продуктами реакції

$$Q_{\text{р}}^{\text{Р-Я}} = G_4 * c_{\text{ПВА}} * t_2 + G_3 * c_{\text{и-р}} * t_2 = 3360,63 * 2,02 * 76 + 3425,65 * 3,04 * 76 = 1306346,29 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить в апарат за рахунок реактора

$$Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 22724,00 \text{ кДж.}$$

Теплота, яка йде за рахунок реактра

$$Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 22724,00 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить в апарат за рахунок мішалки

$$Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = 0,01 * (Q_{\text{пр}}^{\text{В-В}} + Q_{\text{пр}}^{\text{Р-Р}}) = 0,01 * 1408552,26 + 22724,00 = 16357,92 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається в навколишнє середовище

$$Q_{\text{пот}} = 0,05 * (Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{р}}^{\text{Р-Р}}) = 0,05 * 1306346,29 + 22724,00 = 76679,31 \text{ кДж.}$$

$$\Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}} = 1408552,26 + 22724,00 + 16357,92 + 615376,26 - 1306346,29 - 22724,00 - 76679,31 = 657260,83 \text{ кДж}$$

Маса теплоносія – води:

$$m_{\text{тепл}} = \Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}} / (c_{\text{в}} * t_{50} - c_{\text{в}} * t_{20}) = 657260,83 / (4,181 * 50 - 4,182 * 20) = 5240,90 \text{ кг.}$$

Теплота, що надходить в апарат з теплоносієм

$$Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}} = 5240,90 * 4,182 * 20 = 438348,59 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається з апарата з теплоносієм

$$Q_{\text{р}}^{\text{тепл}} = 5240,90 * 4,182 * 50 = 1095609,42 \text{ кДж.}$$

Теплонапруженність стадії полімеризації:

$$q_2 = \Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}} / \tau = 657260,83 / 3600 * 6 = 30,42 \text{ кВт.}$$

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 44   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

Таблица 13

## Тепловий баланс стадії полімерізації

| Надходження   | кДж            | Витрати  | кДж            |
|---|----------------|--|----------------|
| Теплота, що надходить в апарат з завантаженими речовинами | 14085<br>52,26 | Теплота, яка йде з продуктами реакції            | 13063<br>46,29 |
| Теплота хімічної реакції                                  | 61537<br>6,26  |  | 76967<br>9,31  |
| Реактор   | 22724,<br>00   | Реактор  | 22724,<br>00   |
| Мішалка   | 16357,<br>92   | Теплота, що витрачається з апарата з теплоносієм | 10956<br>09,42 |
| Теплота, що надходить в апарат з теплоносієм              | 43834<br>8,59  | Теплота, що витрачається в навколишнє середовище | 15945,16       |
| Итого   | 27058<br>75,02 | Итого  | 27058<br>75,02 |

Тепловий баланс стадії охолодження:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} + Q^{\text{пот}} + Q_{\text{р}}^{\text{тепл}}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} - Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} - Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} - Q^{\text{пот}}$$

Теплота, що надходить з продуктами:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} = G_4 * c_{\text{ПВА}} * t_2 + G_3 * c_{\text{и-р}} * t_2 = 3360,63 * 2,02 * 76 + 3425,65 * 3,04 * 76 = 1306346,29 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається з продуктами:

$$Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} = G_4 * c_{\text{ПВА}} * t_1 + G_3 * c_{\text{и-р}} * t_1 = 3360,63 * 1,38 * 20 + 3425,65 * 2,43 * 20 = 259103,27 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить з реактора:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 227240,00 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається з реактором:

$$Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_1 = 5980 * 0,5 * 20 = 59800,00 \text{ кДж.}$$

Теплота, що надходить з мішалкой:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = 0,01 * (Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}}) = 0,01 * (1306346,29 + 227240,00) = 15335,86 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається в навколишнє середовище

$$Q^{\text{пот}} = 0,05 * (Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} + Q_{\text{р}}^{\text{п+в}}) = 0,05 * (59800,00 + 259103,27) = 15945,16 \text{ кДж.}$$

Теплота, що витрачається з теплоносієм

$$Q_{\text{р}}^{\text{тепл}} = 1306346,29 + 15335,86 + 227240,00 - 259103,27 - 59800,00 - 15945,16 = 1214073,72 \text{ кДж.}$$

Маса теплоносія – води:

$$m_{\text{тепл}} = Q_{\text{р}}^{\text{тепл}} / c_{\text{в}} * t_{20} = 1214073,72 / 4,182 * 20 = 14515,47 \text{ кг.}$$

|      |      |         |         |      |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|------|
|      |      |         |         |      |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  | 45   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |      |

Теплонапряженність стадії охолодження:

$$q_3 = Q_p^{\text{тепл}}/\tau = 1214073,72/3600 * 4 = 84,3 \text{ кВт}$$

Таблиця 14

Тепловий баланс стадії охолодження

| Находження | кДж            | Витрати   | кДж        |
|------------|----------------|---|------------|
| Продукти   | 13063<br>46,29 | Продукти  | 259103,27  |
| Реактор    | 22724<br>0,0   | Реактор   | 59800,00   |
| Мішалка    | 15335,<br>86   | Теплоносій  | 1214073,72 |
|            |                | Теплота, що<br>витрача<br>ється в<br>навколишнє<br>середовище | 15945,16   |
| Разом      | 15489<br>22,15 | Ітого   | 1548922,15 |

Так як теплонапряженність стадії нагріву  $q_1$  більше чем теплонапряженність стадії полімеризації  $q_2$  та теплонапряженність стадії охолодження  $q_3$ , то подальший розрахунок ведемо для температури  $80^\circ\text{C}$ .

Розрахунок поверхні теплообміну реактора:

$$F = q_1/K * \Delta t_{\text{ср}}$$

$$t_{\text{ср}} = (80 - 20)/2 = 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \Delta t_{\text{макс}} - \Delta t_{\text{мін}} / \ln(\Delta t_{\text{макс}} / \Delta t_{\text{мін}}) = (14 - 8) / \ln(14/8) = 22,32$$

$$q_1 = Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}}/\tau = 1354571,77/3600 * 2 = 188,13 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт теплопровідності  $K$  приймаємо рівним 1200.

Тоді поверхню теплообміну  $F$  буде дорівнює:

$$F_{\text{т/о}} = 188130/1200 * 22,32 = 7 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{апп}} = 37,3 \text{ м}^2, F_{\text{апп}} > F_{\text{т/о}}, \text{ умова виконується}$$

## 5. ОПИС ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.

Таблиця 15

|                           | Номер поз.згідно кресленню | Найменування обладнання та принцип дії  | Кількість | Матеріал   |
|---------------------------|----------------------------|---|-----------|--|
| <b>Основне обладнання</b> |                            |   |           |  |
|                           | Р-2                        | <p>Реактор<br/>-вертикальний циліндричний апарат з еліптичною днищем і кришкою, <math>V=3,2 \text{ м}^3</math>,<br/>середовище- вінілацетат, полівініловий спирт, кислота, перекис водню;<br/>-термоізоляція реактора;</p> <p>-сорочка на корпусі<br/>середовище-горяча, захоложена вода<br/><math>P_{\text{расч.}}=400\text{кПА}, T_{\text{расч.}}5-100^\circ\text{C}, F=2,6\text{м}^2</math><br/>-внутрішній теплоелемент<br/>середовище- захоложена вода <math>P_{\text{розр.}}=400\text{кПА}, T_{\text{розр.}}12^\circ\text{C}, F=1,3\text{м}^2</math><br/>-мішалка якірно-лопасна <math>n=0,42\text{с}^{-1}</math><br/>- мотор-редуктор реактора типа МРЗ-800<br/>-електродвигун мішалки реактора <math>N=90\text{квт}, I=168\text{А}, n= 24,8\text{с}^{-1}</math></p> | 1         | Сталь/емаль<br><br>вата<br>мінеральна<br><br>сталь<br>оцинкована |
|                           | Т-2                        | Теплообмінник<br>Кожухотрубчатий, одноходовий<br>Кількість трубок-823шт, $F=14,5\text{м}^2$ ,<br>Середовище - вінілацетат по трубному,<br>вода зворотня - по міжтрубному  | 1         | 12Х18Н10Т  |
|                           | Е-2                        | Видаткова ємність ініціатора<br>вертикальний циліндричний апарат, $V=0,1\text{м}^3$   | 1         | Сталь/емаль  |
|                           | ВЛ-1                       | Вакуум-ловушка<br>вертикальний циліндричний апарат, $V=0,25\text{м}^3$  | 1         | Сталь угл.   |
|                           | ВЛ-2                       | Вакуум-ловушка<br>вертикальний циліндричний апарат, $V=0,25\text{м}^3$  | 1         | Сталь угл.   |
|                           | Н-8/1,2                    | Електронасосний агрегат для подачі зворотної води   | 2         | Сталь угл.   |

провження таблиці 15

| Допоміжне обладнання |   |   |                   |  |
|----------------------|---|---|-------------------|--|
| Е-1                  | Ємність для зберігання вінілацетату горизонтальний циліндричний, V=25м <sup>3</sup> , середовище- вінілацетат | 1 | ВСт3сп5+12Х18Н10Т |  |
| Е-6/1                | Ємність вертикальний циліндричний апарат, V=0,0375м <sup>3</sup>  | 1 | 12Х18Н10Т         |  |
| Е-6/2                | Гідрозатвор   | 1 | 12Х18Н10Т         |  |
| Е-7                  | Збірник зворотної води горизонтальний циліндричний, V=75м <sup>3</sup> , середовище- вода                     | 1 | Сталь/емаль       |  |
| Е-9                  | Бачок азотного дихання  | 1 | 12Х18Н10Т         |  |
| Е-10                 | Бачок азотного дихання  | 1 | 12Х18Н10Т         |  |
| Е-11                 | Ємність для аварійного звільнення горизонтальний циліндричний, V=25м <sup>3</sup>                             | 1 | ВСт3сп5+12Х18Н10Т |  |
| Н-1                  | Насос для вінілацетату Насос- дозатор горизонтальний  | 1 | Нж/сталь          |  |
| ВН-5                 | Агрегат вакуумний Водокільцевої, горизонтальний   | 1 | Збірний           |  |
| Н-8/3                | Насос відцентровий переносний погружної   | 1 | Збірний           |  |
| ОХ-1                 | Апарат повітряного охолодження  | 1 | Сталь угл.        |  |
| К-1                  | Компресор гвинтовий   | 1 | Збірний           |  |
| В-1                  | Ваги платформні   | 1 | Нж/сталь          |  |
| В-2                  | Ваги платформні   | 1 | Нж/сталь          |  |
| Е-12                 | Гідрозатвор   | 1 |                   |  |
| Ф                    | Система комплексного очищення води Ecosoft FK-1252-CE   | 1 |                   |  |

Розрахунок кількості одиниць обладнання для забезпечення потужності виробництва

Початкові дані:

Добовий випуск – 600 кг/добу (А);

Годинна продуктивність виробництва – 42,85кг/год (Q);

Коефіцієнт використання устаткування – 0,9 (К);

|      |      |         |         |      |
|------|------|---------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |
|------|------|---------|---------|------|

Число годин роботи в добі -24 год (N);

Відсоток часу на ППР -3,57% (P)

1. Потрібне число машино-годин:

$$B=A/Q=600/42,85=14,00$$

2. Розрахункове число реакторів:

$$S=(B*100)/(N*K*(100-P))=(14*100)/(24*0,9(100-3,57))=0,67$$

Прийняте до установки число реакторів T=S округляємо до більшого цілого числа = 1 реактор

3 Коефіцієнт завантаження устаткування:

$$C=S/T=0,67/1=0,67$$



## 6. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У виробництві клея ПВА утворюються стічні води і газоподібні відходи. Тверді відходи відсутні.

Стічні води - промивна вода після промивки полімеризаторів, фільтрів, тари з домішками полівінілацетатної дисперсії, полівінілового спирту, вінілацетату повертається в переробку. Процес виробництва полівінілацетату є максимально автоматизованим, що зводить до мінімуму кількість аварійних ситуацій, при яких можливі викиди в атмосферу.

Як правило, при виробництві можуть відбуватися витоки парів вінілацетату. Дані витоки можна охарактеризувати як неорганізовані, тобто витоки через нещільності з'єднань, що з'являються за рахунок температурних деформацій і зносу в процесі експлуатації різного типу обладнання та трубопроводних комунікацій з великим числом з'єднань і запірно-регулюючої арматури, що знаходяться на установці.

Витоки парів можуть відбуватися при переміщенні в холодильник в місцях з'єднання труб.

Зменшення кількості викидів досягається шляхом правильного ведення технологічного процесу, герметичності ємнісного обладнання і трубопроводів, застосування герметичних електронасосів і пневмонасоси.

Організованими викидами є викиди шкідливих речовин через воздушки полімеризаторів і вентиляційні викиди з виробничих приміщень.

Основною шкідливою речовиною, що викидається в атмосферу, є вінілацетат. За ступенем впливу на організм людини вінілацетат відноситься до 3-го класу небезпеки.

На стадії полімеризації при роботі полімеризаторів через воздушки відбувається скидання пари вінілацетату, а також метанолу, ацетальдегіду,

метилацетату, що утворюються в результаті реакції полімеризації, в кількості до 1,396 кг на одну тонну готової продукції.

Для охорони атмосферного повітря від забруднень шкідливими технологічними викидами полімеризатори забезпечені зворотними холодильниками, охолоджуваними захоложеною водою і розсолем.

|      |      |         |         |      |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|------|
|      |      |         |         |      |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  | 51   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |      |

## 7.ОХОРОНА ПРАЦІ

У виробництві клея ПВА основною шкідливою речовиною, що викидається в атмосферу, є вінілацетат. За ступенем впливу на організм людини вінілацетат відноситься до 3-го класу небезпеки. Також в незначних кількостях використовуються такі шкідливі речовини як перекис водню, мурашина, азотна, сірчана кислоти, їдкий натр, ДМФ.

Ємність для прийому і зберігання вінілацетату і ємність для аварійного звільнення - підземні і розташовуються назовні майданчика виробництва.

Основні фізико-хімічні, вибухонебезпечні, шкідливі властивості сировини, готового продукту і відходів.

Вінілацетат - легкозаймиста безбарвна рідина. Температура, запалення нижня межа - мінус 8 ° С, верхня межа- 2 ° С. Температура, самозаймання 427 ° С. Концентраційні межі займання: нижня- 2,6 г / м<sup>3</sup>, верхня- 13,4 г / м<sup>3</sup>.

Пари шкідливі, викликають функціональні розлади центральної нервової системи, подразнюють слизову оболонку очей і дихальних шляхів, а також володіють наркотичними властивостями.

Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень 10 мг/м<sup>3</sup>, 3 клас небезпеки.

Водню перекис - негорюча рідина, сильний окислювач пожежовибухобезпечний, але викликає запалення палива. Дратує дихальні шляхи і слизові оболонки. Розчини перекису водню при безпосередньому контакті викликають опіки шкірних покривів і очей. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень 0,3 мг/м<sup>3</sup>, 2 клас небезпеки.

Кислота винна - горюча кристалічна речовина. Температура, запалення нижня межа - 170 ° С, верхня межа- 210 ° С. Температура, самозаймання 411°С. Концентраційна межа займання 260 г/м<sup>3</sup>. Діє дратівливо на шкірні

покриви. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень  $10 \text{ мг/м}^3$ , 3 клас небезпеки.

Мурашина кислота - легкозаймиста безбарвна рідина. Температура, запалення нижня межа -  $1,6 \text{ }^\circ\text{C}$ , верхнямежа-  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура, самозаймання  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ . Концентраційна межа займання від 18% до 58%. Сильно дратує верхні дихальні шляхи і слизові оболонки. При попаданні на шкіру викликає опіки. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень  $1 \text{ мг / м}^3$ , 2 клас небезпеки.

Аміак водний технічний - трудногорюча рідина. Не підтримує горіння. Над його поверхнею можливе утворення вибухонебезпечної суміші аміаку з повітрям. Температура, самозаймання  $650 \text{ }^\circ\text{C}$ . Концентраційна межа займання нижня  $15 \text{ г / м}^3$ , верхня  $28 \text{ г / м}^3$ . Подразнює дихальні шляхи і слизові оболонки, викликає задушливий кашель. У важких випадках отруєння спостерігається задуха і втрата свідомості. При попаданні в очі викликає опіки. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень  $20 \text{ мг / м}^3$ , 4 клас небезпеки.

Пластифікатор дибутилфталат - горюча рідина. Температура, запалення нижня межа -  $168 \text{ }^\circ\text{C}$ , верхнямежа-  $202 \text{ }^\circ\text{C}$ . Діє дратівливо на шкірні покриви і слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень,  $0,5 \text{ мг / м}^3$ . 2 клас небезпеки.

Натрію гідроокис - негорюча рідина. Пожежовибухобезпечний. Їдка речовина. Попадання на шкіру і слизові оболонки викликає хімічні опіки, виразки, екземи. Сильно діє на слизові оболонки. Небезпечно попдання в очі. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень  $0,5 \text{ мг / м}^3$ , 2 клас небезпеки.

Коалісцент бутилдигліколь - горюча рідина. Температура, запалення нижня межа -  $3,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , верхня межа-  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура, самозаймання  $377^\circ\text{C}$ .

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 53   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

Концентраційна межа займання 2,0 г/м<sup>3</sup>. Нетоксичний. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень 500 мг / м<sup>3</sup>, 4 клас небезпеки.

Піногасник - негорюча рідина. Пожежовибухобезпечна. При попаданні на шкіру та слизові оболонки очей може викликати роздратування. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони виробничих приміщень 10 мг / м<sup>3</sup>, 4 клас небезпеки.

Клей ПВА - негорюча в'язка рідина. Пожежовибухобезпечна. Токсичні властивості обумовлені присутністю в ній коалісцента БДГА. Відноситься до 4 класу небезпеки.

Виробництво клея ПВА, пов'язано з процесами, що викликають забруднення тіла і одягу речовинами 2 і 3 класів небезпеки, а також речовинами, що володіють стійким запахом. Тому по санітарній характеристиці виробничих процесів згідно СНиП 12.09.04-87 для обслуговуючого персоналу прийнята група виробничих процесів 3б, 1б для чоловіків і 1б для жінок.

Індивідуальні засоби захисту.

1. Фільтруючі протигази марок "А" або "М", респіратори типу "Лепесток" або У-2К застосовуються для захисту органів дихання та зору.

2. Обслуговуючий персонал згідно із затвердженими нормами забезпечується спецодягом.

Спецодяг повинен міститися в чистоті, не рідше одного разу в 20 днів здаватися в прання.

3. Окуляри герметичні застосовуються для захисту очей від кислот і лугів, перекису водню.

4. Протишумові вкладиші застосовуються для захисту органів слуху від підвищеного рівня шуму.

5. Рукавиці комбіновані, гумові рукавички застосовуються для захисту від механічних впливів і впливу кислот, лугів і т.д.

|      |      |         |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  |  |  |  | 54   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

6. Прогумований фартух застосовується для захисту тіла.

7. Захисна каска застосовується для захисту голови від травм.

Колективні засоби захисту.

До колективних засобів захисту відносяться: припливна вентиляція з калориферами, захисне заземлення обладнання, термоізоляція трубопроводів і апаратів, огорожі майданчиків для обслуговування запірної арматури, захисні огороження обертових механізмів, реєстри опалення. Прив іробництві клея ПВА характерними виробничими факторами, які підлягають контролю і при впливі яких є ризик пошкодження здоров'я працівників, є:

- наявність шкідливих хімічних речовин;
- шум у виробничих приміщеннях;
- мікроклімат у виробничих приміщеннях;
- освітленість у виробничих приміщеннях;
- напруженість роботи.

Контроль за відповідністю фактичних значень зазначених факторів нормативним значенням систематично здійснюється промислово-санітарною лабораторією підприємства.

Основними профілактичними заходами, що дозволяють не допустити отруєння та опіків при роботі з токсичними і агресивними речовинами, є герметизація устаткування і комунікацій, автоматизація, ефективна робота загальнообмінної вентиляції, застосування засобів індивідуального захисту.

Для своєчасного попередження, виявлення і лікування професійних захворювань проводяться систематичні медичні огляди робітників, які мають контакт з токсичними речовинами.

Працюючих в зонах з підвищеним рівнем шуму адміністрація забезпечує засобами індивідуального захисту органів слуху.

Показники температурно-вологого режиму і освітлення в виробничих приміщеннях доводяться до рівня нормативних значень шляхом

своєчасного ремонту і профілактики систем опалення, вентиляції та освітлення.

|             |             |                |                |             |      |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-------------|------|
|             |             |                |                |             | Лист |
|             |             |                |                |             | 56   |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |      |

## ВИСНОВОК

Клей ПВА може вироблятися безперервним або періодичним методом. Основною сировиною служить вінілацетат.

В роботі розглянуті загальна характеристика виробництва клею ПВА та технологічний процес виробництва клею ПВА.

Технологічний процес виробництва клею ПВА, який складається з наступних основних стадій:

- прийом і підготовка сировини;
- полімеризація вінілацетату;
- нейтралізація дисперсії;
- пластифікація дисперсії;
- розлив і відправка споживачам.

Процес полімеризації здійснюється в полімеризаторі - апараті з якірної мішалкою. Процес полімеризації проходить при  $T = 70-85^{\circ}\text{C}$ . Тривалість полімеризації в середньому становить від 12 до 16 годин.

Якщо потрібне отримання пластифікованого клею ПВА, то в нього додають після нейтралізації різні пластифікатори або коалісценти, отримуючи при цьому клей з різними властивостями.

В дипломному проекті виконано розрахунок матеріального балансу виробництва клею ПВА для потужності 400 т/рік та теплового балансу. Наведена характеристика основного устаткування. Розглянуті питання з охорони праці і охорони довкілля.

|      |      |         |         |      |  |      |
|------|------|---------|---------|------|--|------|
|      |      |         |         |      |  | Лист |
|      |      |         |         |      |  | 57   |
| Изм. | Лист | № докум | Подпись | Дата |  |      |



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок. М.: Высш. шк., 1981, - 278 с.
2. Батлук В.А. Основы экологии и охраны окружающей природной среды: Учеб. пособие. – Львов: Афиша, 2001. – 333 с.
3. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов. – М.: Химия, 1999. – 472 с.
4. Воронков Н.А. Экология. Общая, социальная, прикладная: Учебник для студентов. Пособие для учителей. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
5. Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Гуляев В.М. Устаткування галузі і основи проектування. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004. – 371с.
6. Викторов М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты. – Л.: Химия, 1977. – 360 с.
7. Гринберг Я.И. Проектирование химических производств. М.: Химия, 1970. – 268с.
8. Гарин В.М., Кленова И.А. Экология для технических вузов: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 384 с
9. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: Химия, 1985. – 352с.
10. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. – М.: Высш. шк., 1978. – 272с.
11. Емельянов А.И, Капник О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М.: Энергоиздат, 1983. – 340с.
12. Збожна Д.М. Основи технології: Навч. посібник. – Вид 2-е, змін. і доп. –
13. Тернопіль: Карт-бланки, 2002. – 486 с.

14. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.:Госэнергоиздат, 1982. – 464 с
15. Кузнецов И.Е., Троицкая Т.М. Защиты воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами. – М.: Химия, 1979. – 344 с.
16. Кочановский А.М., Клименко Н.А. и др. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М.: Химия, 1983. – 288 с  
Клюев А.С.,
17. Кормилицын В.И., Цицкишвили М.С. Основы экологии: Учеб.пособие. – М.:Интерстиль, 1997. – 368 с.
18. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
19. Назарук М.М., Сенчина Б.В. Практикум із основ екології та соціології. – Львів: Афіша, 1999. – 116 с.
20. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ: Учеб. Пособие для вузов. – Изд. 3-е, перераб. и под. – М.: Химия, 1985. – 592 с.
21. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для ВУЗов.Под ред. П.Г.Романкова. - Л.: Химия, 1987. - 576с.
22. Рябин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ:Справочник. – М.: Химия, 1977. – 370 с.
23. Равдель А.А., Пономарев А.М. Краткий справочник физико-химических величин. – 8-е изд. – Л.: Химия, 1983. – 232 с
24. Сокольский Д.В., Друзь В.А. Введение в теорию гетерогенного катализа: Учеб.пособие для студентов вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1981.– 215 с.
25. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах /Под ред. П.Г. Романенкова. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.

26. Смирнов Д.Н., Дмитриев А.С. Автоматизация процессов очистки сточных вод химической промышленности. – М.: Химия, 1981. – 200с.
27. Торочешников Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
28. Царев З.М., Орлов Е.И. Теоретические основы химической технологии. – Киев: Вища шк., 1986. – 271 с.
29. Энтелис С.Г., Тигер Р.Т. Кинетика реакций в жидкой фазе. Количественный учет среды. – М.: Химия, 1973. – 416 с.32
30. Расчеты химико-технологических процессов / Под ред. И.П. Мухленова. – Л.: Химия, 1982. – 248 с.
31. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов / Под ред. А.И. Радионова. – М.: Химия, 1985. – 350 с.
32. Методы и средства автоматизированного расчета химико-технологических систем: Учеб. пособие для вузов / Н.В. Кузичкин и др. – Л.: Химия, 1987. – 152с.
33. Промышленные приборы и средства автоматизации. Справочник. // Под ред. В.В. Черепанова. – Машиностроение, 1978. – 847с.