

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	4
Вступ.....	6
1 Аналітичний огляд.....	7
2 Технологічна частина.....	15
3 Опис конструкції і принцип роботи апарата.....	29
4 Вибір основних конструкційних матеріалів.....	30
5 Розрахунок на міцність, жорсткість і стійкість.....	31
6 Технологія виготовлення апарату.....	37
7 Ремонт і монтаж устаткування.....	41
8 Охорона праці й техніка безпеки.....	43
9 Промислова екологія.....	51
Висновки.....	57
Перелік джерел посилання.....	58
Додатки.....	61

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

D - діаметр апарату, м

H - висота заповнення апарату, м

ξ_i - коефіцієнт опору мішалки

n - частота обертання мішалки, s^{-1}

d_M - діаметр мішалки, м

g - прискорення вільного падіння, m^2/s

ρ - густина, kg/m^3

μ - динамічна в'язкість середовища, $Pa \cdot s$

$Re_0 = \frac{\rho \cdot n \cdot d_M}{\mu}$ - число Рейнольдса

r_d - відношення діаметру апарату до діаметру мішалки

Z_n - число перегородок

h_n - висота зануреної частини перегородки, м

b_n - ширина перегородок, м

ξ_i - коефіцієнт опору перегородки

НВ – твердість за Бринелем

НРС – твердість за Роквелом

σ_T - межа плинності інструментального матеріалу, МПа

T – температура, К

σ_s - напруга плинності, МПа

σ_b – границя міцності, МПа

σ_t – границя текучості, МПа

$\sigma_{0,2}$ – умовна границя текучості, МПа

σ_{-1} – границя втоми, МПа

ψ – відносне звуження, %

m_τ – масова витрата реакційної маси, kg/s

- τ – максимальний час її перебування в реакційній зоні, с
- q_p – теплота реакції, ккал/г*моль
- S_p - розрахункова товщина укріплюваного елемента, мм
- D_p - розрахунковий діаметр укріплюваного елемента, мм
- C_s - сума надбавок до розрахункової товщини стінки штуцера, мм
- E_{II} - умовний модуль стискування прокладки, МПа
- E - модуль поздовжньої пружності, Па
- $[\sigma]$ - напруга допустимого вигину, МПа
- $m_{ап}$ - маса апарату, кг
- $m_{мр}$ - маса мотор-редуктора, кг
- $m_{ст}$ - маса стійки, кг
- $m_{дв}$ - маса двигуна, кг
- $m_{вал}$ - маса вала, кг
- $m_{упл}$ - маса торцевого ущільнення, кг

ВСТУП

В даний час в світі зріс попит на полівінілацетатну дисперсію. Полівінілацетатна дисперсія широко використовується в будівництві, хімічній, текстильній промисловості, у виробництві продуктів побутової хімії і так далі

Метою магістерської роботи є розробка апаратурного оформлення стадії полімеризації у виробництві полівінілацетатної дисперсії потужністю 20 тис. т/рік.

В роботі за базове виробництво береться виробництво полівінілацетатної дисперсії на ПрАТ Сєверодонецькому «Об'єднанні Азот».

Збільшення виробничої потужності проєктованого виробництва планується отримати за рахунок застосування устаткування, розрахованого на більшу продуктивність в порівнянні з базовим виробництвом.

У магістерській роботі розробляється полімеризатор.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Способи отримання полівінілацетатної дисперсії

Виробництво полівінілацетатної дисперсії на Северодонецькому «Об'єднанні Азот» введено в експлуатацію в 1976 році. Проектна потужність складає 10 тис.т/рік, досягнута 15 тис.т/рік 100% полівінілацетатної дисперсії (ПВАД). Виробництво складається з двох технологічних потоків агрегату безперервної дії, на якій здійснюється випуск низько і середньовязких марок дисперсії та агрегату періодичної дії, призначеної для отримання високов'язких марок ПВАД.

Метод виробництва полівінілацетатної дисперсії полягає в полімеризації вінілацетату в кислому середовищі у присутності полівінілового спирту, сірчаноокислого заліза (активного) і перикису водню (ініціатора) зподальшою нейтралізацією отриманої дисперсії водним розчином аміаку.

Грубодисперсна полімерна полівінілацетатна дисперсія є колоїдною системою, в яку середовищем є вода, що містить полівініловий спирт, а фазою полівінілацетат.

На вигляд полівінілацетатна дисперсія є білою сметаноподібною рідиною із слабким запахом вінілацетату.

При температурі 0 °С ПВАД замерзає в тверду монолітну масу.

Замерзлі ПВАД відтають в теплом приміщенні без застосування відкритого вогню. Морозостійка ПВАД після відтавання набуває первинних властивостей ПВАД після змішування з водою.

ПВАД застосовується як єднальний елемент у емульсійних фарбах, клеїв при виготовленні різних негалантерейних виробів, для паперу, картону, фанери, бавовняних тканин. Застосовується при виробництві тари і упаковки з паперу, картону, а також для наклеювання етикеток. Широко застосовується при виготовленні клеїв для облицювання фасадними плитками, як апретуюча добавка для обробки тканин, у виробництві скловолкна, склохолста, при виготовленні підкромалюючих засобів в товарах побутової хімії, як єднальний елемент для виготовлення полімерцементів і безшовних покриттів підлоги. Застосовується при виробництві взуттєвого картону, виробництві клею в

меблевий промисловості.

Апаратурне оформлення процесу

Процес отримання ПВАД здійснюється в полімеризаторах. Апаратурно полімеризатор може бути виконаний як ємкість з пристроєм для перемішування і пристроєм для підведення і відведення тепла.

Враховуючи складність процесів, що протікають в реакторі, а також поліваріантність самих реакторних пристроїв, вибір конструкції реакторного пристрою проводився на основі системного підходу.

При виборі реакторного пристрою враховувалися всі технологічні і економічні вимоги. При цьому на кожному етапі проводилося порівняння різних варіантів типів реакторів і елементів конструкції.

Однією з найважливіших характеристик реакторних пристроїв є питома продуктивність, чисельно рівна кількості основного продукту, що отримується з одиниці реакційного об'єму в одиницю часу. Питома продуктивність реактора пов'язана безпосередньо з кінетикою хімічних процесів і типом реактора.

Порівняння реактора, що безперервно діє, і реактора періодичної дії показує, що для досягнення однієї і тієї ж питомої продуктивності в апаратах потрібний різний час. У реакторах періодичної дії до часу хімічного процесу t необхідно додавати час t_0 , що витрачається на завантаження, вивантаження, охолодження і нагрівання потоків [1].

Вплив додаткового часу найсильніше виявляється при проведенні швидких хімічних реакцій. В цьому випадку явно не вигідно використовувати реактори періодичної дії. І навпаки, для реакцій, що протікають повільно і в малому об'ємі, можуть застосовуватися реактори періодичної дії.

Іншим дуже важливим чинником при виборі реакторного пристрою є метод підведення або відведення тепла. Відомо, що кількість тепла, яке виділяється або поглинається при здійсненні хімічного процесу, завжди пропорційна кількості реагуючих речовин (реакційному об'єму). Разом з тим кількість тепла, що підводиться або відводиться при здійсненні процесу, має бути пропорційна поверхні теплообміну реактора. У свою чергу, об'єм реактора і його поверхня

неоднаково залежать від його діаметру.

Звідси витікає, що із збільшенням розмірів апарату, у тому числі його реакційного об'єму, зменшується питома відведення тепла в ньому, тобто кількість тепла, що доводиться на одиницю об'єму реактора. Тому із збільшенням реакційного об'єму термічні умови роботи реактора повинні наближатися до адіабатичних, а в невеликому за розміром реакторі — до ізотермічних. Це означає, що при неінтенсивному теплообміні з навколишнім середовищем на практиці доцільно використовувати реактори великого розміру (апарати з великими реакційними об'ємами), а при інтенсивному — з малими реакційними об'ємами (невеликі апарати). [3]

При виборі типу реактора основне значення має аналіз кінетичних чинників, їх взаємозв'язку, а також механізму процесу.

Порівняння виходів продукту (продуктів) в безперервно працюючих реакторах ідеального змішення і витіснення, а також реактора ідеального змішення і їх реакційних об'ємів, що періодично діє, при постійній конверсії показує, що в разі послідовних реакцій доцільно використовувати реактор періодичної дії або реактор витіснення. Проте якщо необхідно мати інтенсивний тепло- і масообмін між реагуючими речовинами, то можна застосовувати каскад реакторів з перемішуванням (при незначному зниженні виходу). Для послідовних реакцій, коли продуктом служить проміжна речовина, об'єм реактора витіснення завжди менше об'єму реактора змішення (при однаковому ступені перетворення). Таке ж співвідношення між реакційними об'ємами реакторів спостерігається у разі, коли швидкість реакції зменшується унаслідок накопичення продуктів.

У якості стандарних перемішуючих пристроїв використовують пристрої що складаються з приводу перемішуючого пристрою і мішалки.

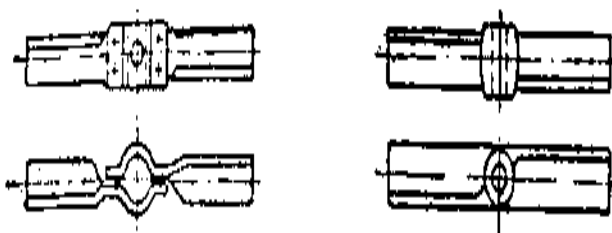
Привід мішалки

Привід перемішуючого пристрою складається з електродвигуна і редуктора. Для регулювання частоти обертання електродвигуна застосовуються теристорні перетворювачі частоти.

Типи механічних мішалок

Механічні мішалки розділяються по устрою лопатей на наступні групи (Рис.1.1÷1.5):

1. лопатеві – з плоскими лопатями



а)

б)

Рисунок 1.1 – Мішалка лопатева з плоскими лопатями:
а – сталева, б – чавунна

2. багатолопатеві і рамні мішалки

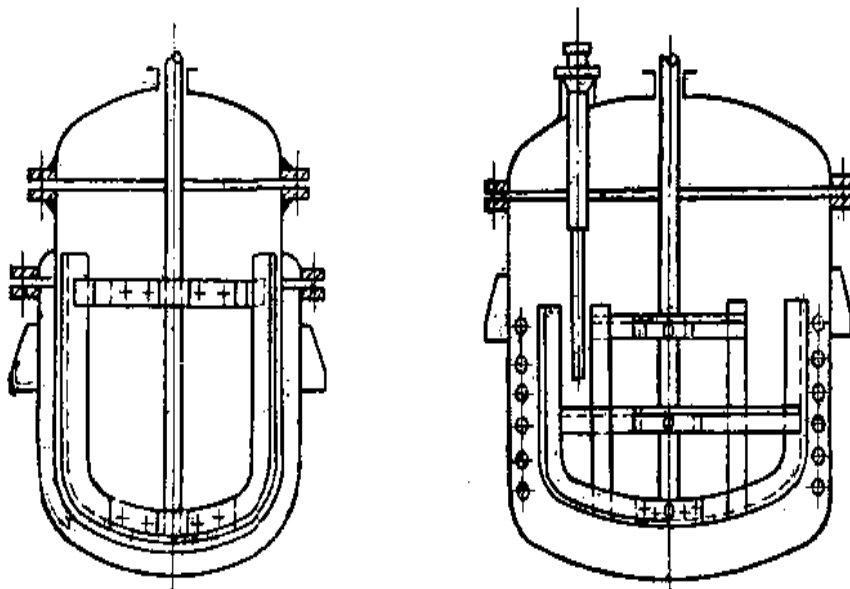


Рисунок 1.2 – Багатолопатеві і рамні мішалки

3. пропелервидні – з гвинтовими лопатями

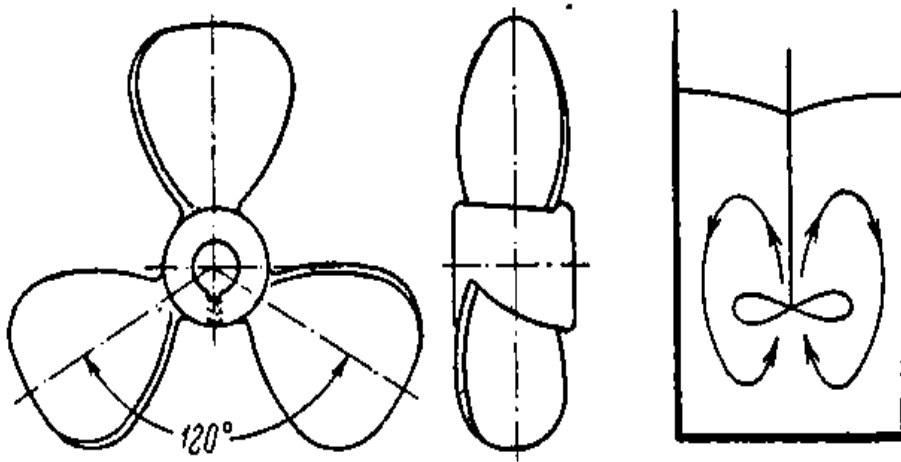


Рисунок 1.3 – Пропелерна мішалка

4. турбінні

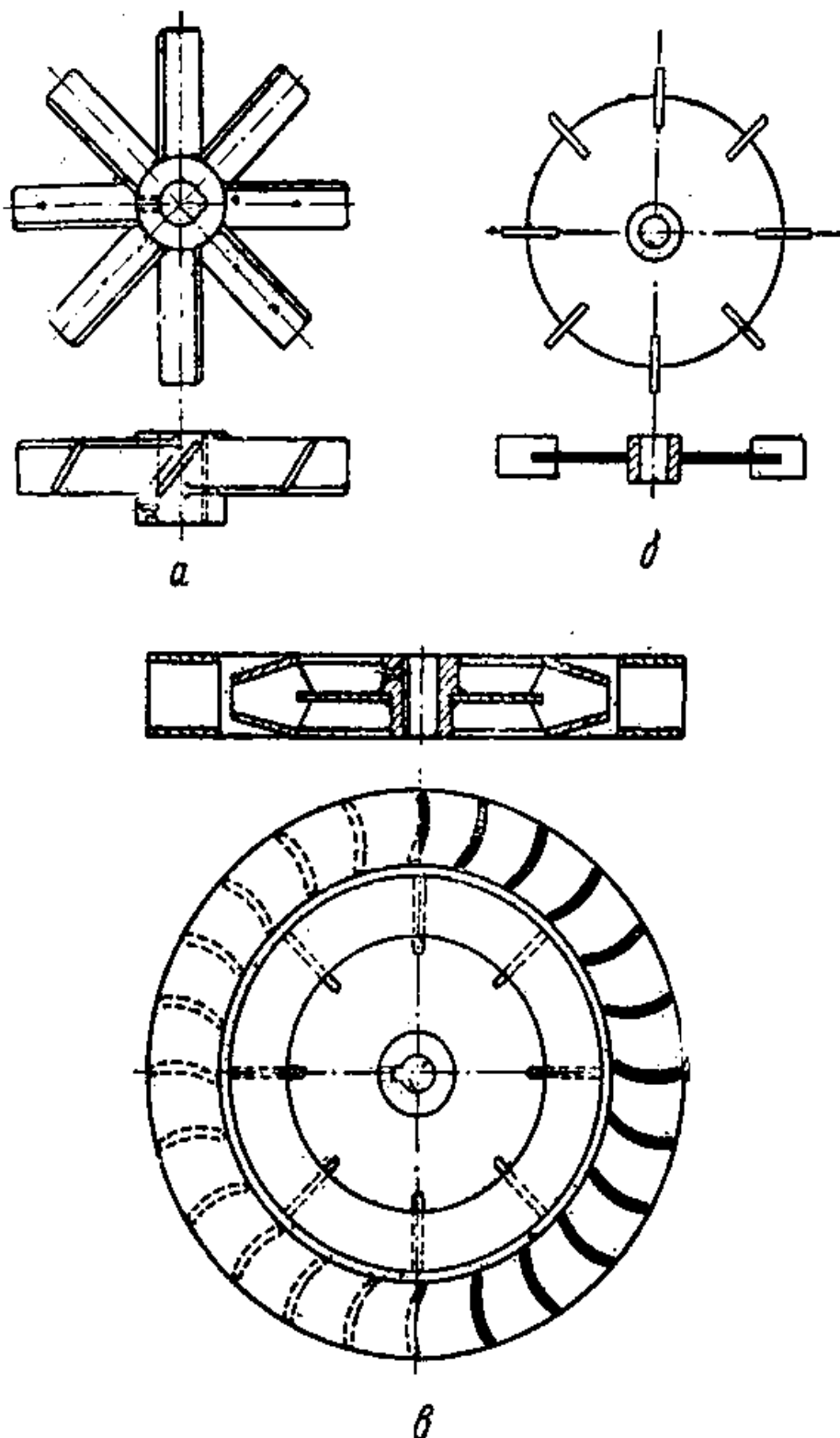


Рисунок 1.4 –Турбінні мішалки

а, б – відкриті, в – закрита з направляючим апаратом.

5. спеціальні (якірні та інші)

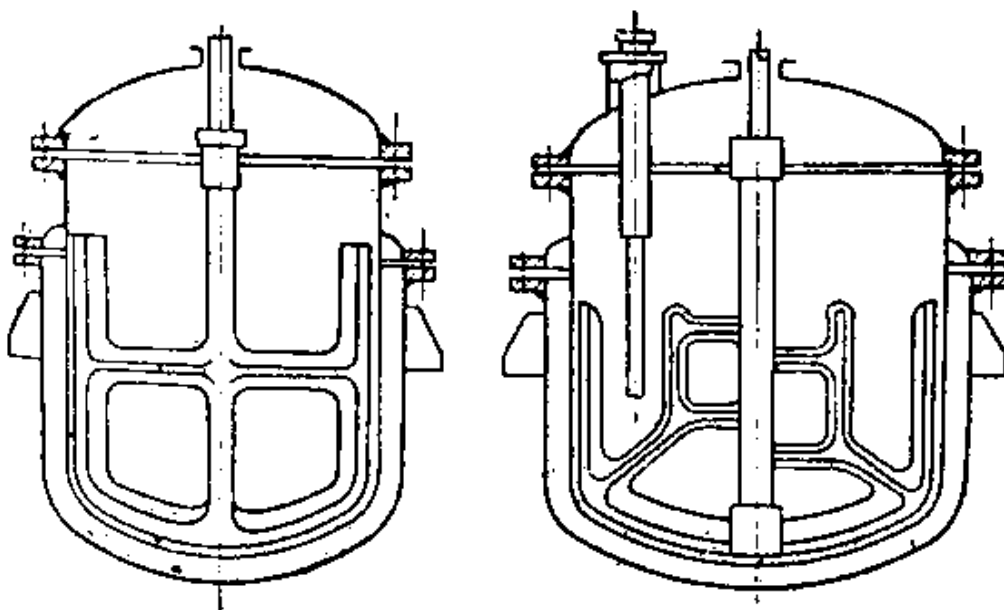


Рисунок 1.5 – Якірна мішалка

Тип мішалки вибирається залежно від гідродинамічних властивостей середовища. Аналіз гідродинамічного режиму показав, що найбільш ефективно перемішування буде при застосуванні мішалки рамного типу.

Корпус апарату

Корпуси апаратів виконуються суцільнозварними з привареними днищами і роз'ємними із знімними кришками. По розташуванню апарати можуть бути вертикальними і горизонтальними.

Кришки прикріплюються до апарату за допомогою стандартного фланцевого з'єднання.

Днища і кришки виготовляються сферичними, еліптичними, конічними і плоскими відповідно до стандартів.

У даній роботі приймаємо циліндричний корпус апарату з привареним нижнім еліптичним днищем і із еліптичною кришкою.

Пристрої для підведення і відведення тепла

У якості пристроїв для підведення і відведення тепла використовуються сорочки, приварені до корпусу апарату. Також широке поширення набули

змійовики і трубчатки, що встановлюються в середині апарату.

При виборі конструкції апарата ґрунтуються на технологічності, простоті виготовлення, вартості і продуктивності апарату.

Приймаємо для вибраного типу корпусу апарату циліндрову суцільнозварну сорочку з ввареними штуцерами для підведення і відведення теплоносія.

Висновок: для забезпечення технологічного процесу полімеризації прийнятий вертикальний циліндричний апарат з сорочкою, еліптичними днищем і кришкою та мішалкою рамного типу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Опис технологічної схеми виробництва

Технологічний процес отримання ПВАД – періодичний і складається з наступних стадій:

- приготування водної фази;
- полімеризація;
- стандартизація дисперсії;
- розлив готової продукції.

Приготування водної фази

Водна фаза готується в полімеризаторі, забезпеченому рамною мішалкою і двома зворотними холодильниками, що охолоджуються захолодженою водою і розсоллом.

Конденсат з обох холодильників повертається в полімеризатор.

Для приготування водної фази в полімеризатор послідовно завантажується розчин ПВС, вода, мурашина кислота і сірчаноокисле залізо.

Розчин ПВС закачується зі сховища відділення ацеталів. Завантаження демінералізованої води проводиться за розрахунком, залежно від необхідної частини сухого залишку в початковому розчині ПВС. Масова частка ПВС у початковій фазі повинна складати:

- Для низков'язких марок ПВАД 6-7%
- Для середньов'язких марок ПВАД 6,5-8,5%
- Для високов'язких марок ПВАД 7,5-9,0%

Вимір кількості ПВС і демінералізованої води проводиться дозуючим пристроєм.

Мурашина кислота завантажується з напорного бака в кількості що забезпечує масову частку кислоти у водній фазі в межах 0,15–0,4%.

Після перемішування компонентів з полімеризатора відбирається проба на визначення масової концентрації кислоти і ПВС у водній фазі.

Перед початком подачі вінілацетату в полімеризатор через пробовідбірний

лючок завантажується водний розчин сірчанокислового заліза.

Полімеризація

Завантаження вінілацетату і перекису водню в полімеризатор проводиться порціями. Загальне завантаження 30% перекису водню повинне складати 1,2-2,0% від загального завантаження вінілацетату.

Перша порція вінілацетату, через дозуючий пристрій і перекис водню з мірника завантажується в полімеризатор при температурі в полімеризаторі 65-75 °С.

Паро-газова суміш з полімеризатора надходить в холодильник, що охолоджується водою і холодильник, охолоджуваний розсоллом. Пари, що не сконденсувалися, викидаються в атмосферу.

Процес полімеризації першої порції вінілацетату йде з інкубаційним періодом, тривалість якого залежить від якості початкової сировини.

По мірі підйому температури обігрів в полімеризаторі припиняється, а потім включається охолодження. Температура під час полімеризації 1-ої порції вінілацетату не повинна перевищувати 85 °С. Друга і подальша порції вінілацетату і перекису водню завантажуються досягши температури в реакторі 68-78 °С.

У міру полімеризації вінілацетату зменшується кількість флегми і піднімається температура реакційної маси. Під час підйому температури проводиться охолодження полімеризатора. Температура реакційної маси при полімеризації подальшої порції не повинна перевищувати 92 °С.

Припинення зростання температури указує на кінець полімеризації чергової порції.

Після закінчення полімеризації 4-ої порції вінілацетату реакційну зону охолоджують до 68-78 °С і відбирають пробу для визначення масової частки мономера, сухого залишку і умовної в'язкості ПВАД.

При задовільному аналізі продовжують охолодження до температури не більше 60 °С, після чого реакційна маса передавлюється стислим азотом в стандартизатор.

При отриманні ПВАД з умовною в'язкістю нижче заданої, проводиться завантаження 5-ої порції вінілацетату і перекису водню.

Після закінчення процесу реакційна маса охолоджується до температури не більше 60 °с і проводиться повторний аналіз.

На агрегаті періодичної дії проводиться переробка промивного вінілацетату, що отримується при промиванні устаткування.

Стандартизація дисперсії

У стандартизаторі якість дисперсії приводиться до відповідності з вимогами ГОСТ і СТП.

У заздалегідь проаналізовану на масову частку кислоти реакційну масу завантажуються аміачна вода з мірника в кількості 75% від теоретично необхідного.

Нейтралізація протікає при безперервному перемішуванні на протязі не менше 0,5 години. Після чого мішалка зупиняється і відбирається проба для визначення рН, який повинен відповідати вимогам ГОСТ для вказаної марки.

ПВАД з стандартизатора через фільтр подається на розлив в дрібну тару, контейнери або в один з стандартизаторів.

Розлив готової продукції

Розлив ПВАД проводиться в тару, підготовлену у відділенні миття тари, або в залізничні цистерни.

Кількість залитої ПВАД контролюється за об'ємом тари і періодично перевіряється зважуванням на контрольних вагах.

Характеристика сировини і готового продукту

Характеристика сировини, матеріалів і напівпродуктів

Вінілацетат Ту6-05761672.143-94.

Масова частка ацетальдегіду	0,06%.
Масова частка оцтової кислоти	0,008%.
Масова частка води	0,07%.
Активність полімеризації по Дюпону не більш	35 мин.

Спирт полівініловий

Масова частка сухого залишку	10%.
Масова частка ацетату натрію не більш	2%.

Водню перикис ГОСТ 171-88 з зм. №1 марка А

Масова частка перикису водню	35-40%.
Зовнішній вигляд – безбарвна прозора рідина	

Кислота мурашина технічна ГОСТ 1706-78 марка А, Б

Зовнішній вигляд – безбарвна рідина	
масова частка кислоти не менше	86,5%.

Пластифікатор ГОСТ 8728-88 з зм. №1

Зовнішній вигляд – прозора рідина без механічних домішок. кольоровість за платинокобольтовою шкалою не більше 80 од. Хедена.

Густина, г/см ³	1,045–1,049.
Кислотність	0,07-0,10.

Характеристика готового продукту

Зовнішній вигляд	В'язка рідина білого кольору або злегка жовтуватого кольору з розміром часток 1-3 мкм без грудок і сторонніх включень. Допускається поверхнева плівка.
Зовнішній вигляд плівки	Гладка однорідна прозора або злегка жовтувата. Допускається незначна каламутність.

Динамічна вязкість, Па·с Пластифікованої	2,0–15
---	--------

Матеріальний баланс

У роботі планується збільшення виробничої потужності полімеризатора за рахунок збільшення габаритних розмірів апарату. Норми витрати речовин на 1 т продукту залишаються на рівні базового виробництва.

Матеріальний баланс на 1 т продукту по стадіям представлений в таблицях 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

Таблиця 2.1 – Приготування водної фази

Прихід			Витрата		
Склад	кг/т	%	Склад	Кг/т	%
Розчин ПВС у тому числі	687,8	77,4	Водна фаза у тому числі	888,52	100
ПВС	61,9		ПВС	61,9	7
вода і домішки	625,9		вода і домішки	821,4	92,53
Вода дименерализованная	196,5	22,13	Мурашина кислота	4,2	0,47
Мурашина кислота	4,2	0,47	Сірчаноокисле залізо	0,02	
Сірчаноокисле залізо	0,02				
Разом	888,52	100	Разом	888,52	100

Таблиця 2.2 – Полімеризація

Прихід			Витрата		
Склад	Кг/т	%	Склад	Кг/т	%
Вінілацетат	818,7	48,4	ПВАД у тому числі	1750,02	99,83
Водна фаза	888,52	50,7	полівінілацетат	839,82	
Перікис водню	45,8	0,9	вінілацетат	7,0	
			вода і домішки	841	
			ПВС	61,8	
			Тверді відходи	2,87	0,16
			Викиди в атмосферу	0,13	0,008
Разом	1753,0 2	100	Разом	1753,02	100

Таблиця 2.3 – Стандартизація

Прихід			Витрата		
Склад	Кг/т	%	Склад	Кг/т	%
ПВАД	1750,02	89,98	ПВАД у тому числі	1944,96	99,998
Водний аміак у тому числі	20	1,03	полівінілацетат	839,82	
аміак	5		вінілацетат	7,0	
вода	15		вода і домішки	934,74	
Дібутилфталат	108,6	5,38			
Вода димениралізованная	66,38	3,41	Викиди в атмосферу	0,13	0,008
Разом	1945	100	Разом	1945	100

Таблиця 2.4 – Фільтрація і розлив

Прихід			Витрата		
Склад	Кг/т	%	Склад	Кг/т	%
ПВАД у тому числі	1944,96	43,18	ПВАД	1934,74	99,48
поливинилацетат	839,82		Тверді відходи	5,1	0,26
ПВС	61,8	3,18	Втрати	5,12	0,26
Дібутілфталат	108,6	5,38			
вода і домішки	934,64				
Разом	1944,96	100	Разом	1944,96	100

Технологічний розрахунок

Для розрахунку числа реакційних апаратів і їх ємкостей необхідно знати об'єм речовин, що переробляються в добу на даній стадії процесу, час проведення процесу і принципи його організації.

Число операцій β , яке може бути проведене в добу в одному апараті

$$\beta = \frac{24}{\tau}, \quad (0.1)$$

де τ – час проведення процесу, г

$$\beta = \frac{24}{36} = 0,67.$$

Число операцій β , яке має бути проведене в перебігу доби для забезпечення заданої продуктивності

$$\alpha = \frac{V_{сут}}{V_p} = \frac{V_{сут}}{Va \cdot \phi} \quad (0.2)$$

де $V_{\text{сут}}$ – об'єм речовин що переробляються за добу, м^3 ;
 V_p – робочий об'єм апарату, м^3 ;
 V_a – повний об'єм апарату, м^3 ;
 ϕ – ступінь заповнення апарату;

$$\phi = \frac{V_p}{V_a} \quad (0.3)$$

$$\phi = \frac{25,6}{32} = 0,8$$

$$\alpha = \frac{41,69}{32 \cdot 0,8} = 1,63.$$

Необхідне число робочих апаратів

$$m_p = \frac{\alpha}{\beta}; \quad (0.4)$$

$$m_p = \frac{1,63}{0,67} = 2,43.$$

Число встановлених апаратів з урахуванням резерву потужності

$$m = m_p (1 + 0,01\delta), \quad (0.5)$$

де δ – резерв потужності апаратури (для звичайних умов приймається рівним 10-15%);

$$m = 2,43(1 + 0,01 \cdot 10) \approx 3.$$

У розрахунку виходять з об'єму одного апарату V_a і визначають спільне число апаратів або ж задаються числом апаратів і визначають об'єм одного апарату

$$V_a = \frac{V_{\text{сут}} \tau (1 + 0,01\delta)}{24m \cdot \phi} \quad (0.6)$$

$$V_a = \frac{41,69 \cdot 36(1 + 0,01 \cdot 10)}{24 \cdot 3 \cdot 0,8} = 28,6 \text{ м}^3.$$

Приймаємо номінальний об'єм реактора

$$V_{\text{ном}} = 32 \text{ м}^3.$$

По вибраному значенні номінального об'єму вибираємо вертикальний циліндричний апарат з двома еліптичними днищами з основними розмірами

$$D = 3000 \text{ мм}$$

$H=5600$ мм.

Як пристрої для організації потоків в апараті без неметалевих антикорозійних покриттів можна використовувати відбивні перегородки.

Відбивні перегородки виконуються у вигляді плоских пластин шириною

$$b_n=0,1 \cdot D$$

$$b_n=0,1 \cdot 3000=300 \text{ мм.}$$

Число встановлюваних перегородок

$$N=4.$$

Гідродинамічний розрахунок при турбулентному режимі

Гідродинамічний розрахунок полімеризатора

Розрахунок робимо відповідно до [33]

Результати гідродинамічного розрахунку необхідні як початкові дані до теплового розрахунку апарату. При обертальному русі рідини осі апарату умова рівноваги моментів виражається у формі рівності моменту, що крутить, прикладеного до рідини при русі лопатей мішалки, і моменту опору на стінках, днищі апарату і встановлених в апараті внутрішніх устроях. Початкові дані для гідродинамічного розрахунку в таблиці 2.5.

Таблиця 0.5 - Початкові дані для гідродинамічного розрахунку

Найменування величини	Позначення і розрахункова формула	Числове значення
Характеристики мішалки і апарату		
1. Діаметр апарату, м	D	3
2. Висота заповнення апарату, м	H	4
3. Число мішалок на валу	Z_M	2
4. Коефіцієнт опору мішалки	ξ_i	0,56
5. Частота обертання мішалки, c^{-1}	n	2
6. Діаметр мішалки, м	d_M	1
Фізичні характеристики середовища		
7. Прискорення вільного падіння, m^2/c	g	9.81
8. Густина, kg/m^3	ρ	1260
9. Динамічна в'язкість середовища, Па·с	μ	1.73
10. Число Рейнольдса	$Re_O = \frac{\rho \cdot n \cdot d_M}{\mu}$	1457
11. Відношення діаметру апарату до діаметру мішалки	r_d	3
Характеристика відбивних перегородок		
12. Число перегородок	Z_n	4
13. Висота зануреної частини перегородки, м	h_n	0,3
14. Ширина перегородок, м	b_n	0,24
15. Коефіцієнт опору перегородки	ξ_i	2,0

Оскільки число Рейнольдса більше 10^3 , то виконуємо гідродинамічний

розрахунок перемішування при турбулентному режимі.

Розрахунок середньої швидкості потоку і потужності в апараті з відбивними перегородками

Параметр висоти заповнення для апаратів з вільною поверхнею рідини

$$\gamma = \frac{4 \cdot H}{D} + 1, \quad (0.7)$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 4}{3} + 1 = 6.33.$$

Усереднене значення швидкості потоку

$$\omega_{cp} = 4.35 \cdot n \cdot d_M \left(\frac{Z_M \cdot \xi_M}{r_d^2 \gamma} \right)^{0.33}, \quad (0.8)$$

$$\omega_{cp} = 4.35 \cdot 2 \cdot 1 \left(\frac{2 \cdot 0.56}{3^2 \cdot 6.33} \right)^{0.33} = 2.38 \text{ м/с.}$$

Параметр опору перегородок

$$\theta = \frac{2 \cdot r_d \cdot Z_I \cdot h_I}{\xi_M \cdot D \cdot Z_M} \cdot \ln \frac{D}{D - 2 \cdot b_I}, \quad (0.9)$$

$$\theta = \frac{2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2.4}{0.56 \cdot 3 \cdot 2} \cdot \ln \frac{3}{3 - 2 \cdot 0.24} = 2.24.$$

Коефіцієнт потужності K_1 для лопатевої мішалки по графіку [рис.17,31]

$$K_1 = f(\theta) = 0.17.$$

Коефіцієнт потужності K_N

$$K_N = 4 \cdot \xi_M \cdot Z_M \cdot K_1 \quad (0.10)$$

$$K_N = 4 \cdot 0.56 \cdot 2 \cdot 0.17 = 0.76$$

Потужність при перемішуванні

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_M^5, \quad (0.11)$$

$$N = 0.76 \cdot 1260 \cdot 2^3 \cdot 1^5 = 7660 \text{ Вт}$$

Вибір номінальної потужності приводу мішалки

Номінальну потужність приводу вибирають з урахуванням пускових перевантажень, які складають від потужності на перемішування для апаратів з відбивними перегородками 30%.

$$N_{i\ddot{i}} = 1.3 \cdot N, \quad (0.12)$$

$$N_{i\ddot{i}} = 1.3 \cdot 7660 = 9960 \text{ Вт}$$

Тепловий розрахунок полімеризатора

Тепловий баланс

Рівняння теплового балансу полімеризатора

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (0.13)$$

де Q_1 – теплота, що вноситься до апарату з речовинами, що переробляються;

Q_2 – теплота, що віддається теплоносієм речовинам, що переробляються;

Q_3 – тепловий ефект хімічного процесу;

Q_4 – теплота, що відноситься з апарату з продуктами реакції;

Q_5 – теплота, що витрачається на нагрівання апарату;

Q_6 – теплові втрати в навколишнє середовище.

Основна величина Q_2 знаходиться по формулі

$$Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 - Q_3, \quad (0.14)$$

Кількість теплоти, що вноситься до апарату з речовинами, що переробляються, і реакції, що відноситься з продуктами, може бути визначене по рівнянню

$$Q_{1,4} = \sum G \cdot c \cdot t. \quad (0.15)$$

де G – кількість речовини, кг;

c – теплоємність речовини, Дж/кг·К;

t – температура речовини.

Масові кількості речовин беремо з матеріального балансу

$$Q_1 = (629 \cdot 1465 + 102 \cdot 2501 + 0.7 \cdot 1620 + 968.3 \cdot 4190 + 230 \cdot 1805) \cdot 20 = 1.13 \cdot 10^8 \text{ Дж/т}$$

$$Q_4 = 1000 \cdot 2960 \cdot 20 + 919.6 \cdot 4080 \cdot 60 = 2.74 \cdot 10^8 \text{ Дж/т}$$

Кількість теплоти, що виділилася в результаті хімічних реакцій

$$Q_3 = \frac{G_p \cdot 1000 \cdot g_p}{M}, \quad (0.16)$$

де G_p – маса продукту, кг;

g_p – тепловий ефект реакції; $g_p = 506340$ Дж/моль;

M – молекулярна маса.

$$Q_3 = \frac{1000 \cdot 1000 \cdot 506340}{700} = 7.23 \cdot 10^8 \text{ Дж/т}$$

Теплота витрачається на нагрів апарату

$$Q_5 = \sum G \cdot c \cdot (t_k - t_i), \quad (0.17)$$

де G – маса апарату, кг;

C – теплоємність матеріалу апарату, Дж/кг·к;

t_k, t_n – кінцева і початкова температури апарату.

$$Q_5 = 19500 \cdot 500 \cdot (90 - 20) = 6.83 \cdot 10^8 \text{ Дж/т}$$

Втрати в навколишнє середовище приймаємо рівними 5% від тепла внесеного до апарату з початковими речовинами і тепла що виділився при реакції.

$$Q_6 = 0.05 \cdot (Q_1 + Q_3), \quad (0.18)$$

$$Q_6 = 0,05 \cdot (1,13 \cdot 10^8 + 7,23 \cdot 10^8) = 4,18 \cdot 10^7 \text{ Дж/т}$$

Теплоту яку необхідно підводити визначаємо по формулі.

$$Q_2 = 2.74 \cdot 10^8 + 6.83 \cdot 10^8 + 4.18 \cdot 10^7 - 1.13 \cdot 10^8 - 7.23 \cdot 10^8 = 1.63 \cdot 10^8 \text{ Дж/т}$$

Всього до реактора необхідно підвести тепло

$$Q'_2 = q_3 \cdot Q_2, \quad (0.19)$$

де q_3 - вихід цільового продукту з одного завантаження реактора;

$$q_3 = 13.4 \text{ т}$$

$$Q'_2 = 1.63 \cdot 10^8 \cdot 13.4 = 2.18 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Реакційну суміш необхідно нагрівати з 20 °С до 90°С протягом 1,5 години, тобто необхідно забезпечити тепловий потік

$$\hat{O} = \frac{Q'_2}{t} = \frac{2.18 \cdot 10^9}{1.5 \cdot 3600} = 4.04 \cdot 10^5 \text{ Вт}$$

Тепловий баланс апарату зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 0.6 – Тепловий баланс апарату

Прихід	Дж/т	Витрата	Дж/т
Теплота поступає з сировиною	$1,128 \cdot 10^8$	Теплота відноситься з продуктами реакції	$2,74 \cdot 10^8$
Тепловий ефект реакції	$7,23 \cdot 10^8$	Теплота потрібна для розігрівання апарату	$6,83 \cdot 10^8$
Теплота підводиться теплоносієм	$1,63 \cdot 10^8$	Втрати в навколишнє середовище	$4,18 \cdot 10^7$
Разом	$9,988 \cdot 10^8$	Разом	$9,988 \cdot 10^8$

3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ РОБОТИ АПАРАТУ

Технологічний процес отримання полівінілацетатної дисперсії здійснюється в полімеризаторі, що є сталевим циліндричним корпусом із сталевую циліндричною сорочкою і з перемішуючим пристроєм.

Корпус апарату складається з циліндричної обичайки і приварених до неї нижнього еліптичного отбортованного днища і еліптичної кришки. Забезпечений штуцерами для введення сировини і напівпродуктів, введення готового продукту і всіма необхідними технологічними штуцерами, призначення, основні параметри і кількість яких представлені в таблиці штуцерів на кресленні загального вигляду. Внутрішній діаметр апарату – 3000 мм, висота – 5600 мм, місткість – 32 м³. призначений для проведення процесу отримання продукції.

Корпус сорочки складається з суцільнозварної циліндричної обичайки і приварених до неї еліптичного отбортованного днища і кільця. Сорочка забезпечена штуцерами для підведення і відведення гріючого або охолоджуючого агента. Внутрішній діаметр сорочки – 3200 мм, висота – 4000 мм, місткість – 3 м³, поверхня теплообміну – 47,5 м². призначена для підтримки необхідного температурного режиму процесу отримання смоли.

Перемішуючий пристрій складається з приводу і трилопатевої двох'ярусної мішалки. Приводом є мотор-редуктор МР-2-500-22-80-Ф113, потужність електродвигуна – 10 кВт, частота обертання – 1,67 с⁻¹. Мішалка призначена для забезпечення необхідного гідродинамічного режиму перемішування.

4 ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали для виготовлення корпусу апарату вибираються з урахуванням властивостей робочого середовища в апараті і сорочці, тиску і температури. Для вибухонебезпечної, пожежебезпечного середовища 2 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007-76 при умовному тиску в апараті 0,3 МПа і робочій температурі 100 °С для виготовлення корпусу апарату прийнята двошарова сталь СтЗсп5+12Х18Н10Т ГОСТ 10885-85. для вибухонебезпечного, пожежебезпечного, нешкідливого середовища при умовному тиску 0,4 МПа і робочій температурі 100°С для виготовлення корпусу сорочки прийнята сталь СтЗсп5 ГОСТ 380-94.

Матеріал труб для виготовлення патрубків штуцерів – сталь 20 ГОСТ 1050-88, сталь 12Х18Н10Т, матеріал трубопровідних фланців – сталь СтЗсп5 ГОСТ 380-94, сталь 12Х18Н10Т ГОСТ .

Обичайка люка виготовляється з листового прокату з двошарової сталі СтЗсп5+12Х18Н10Т ГОСТ 885-85, фланець люка – з сталі 20 ГОСТ 1050-88, футерований листом з сталі 12Х18Н10Т ГОСТ.

Матеріал кріпильних виробів (болтів) для штуцерів з вуглецевої сталі – сталь 35 ГОСТ 1050-88, для гайок – сталь 20 ГОСТ 1055-88;

Для штуцерів з легованої сталі – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ

Матеріал кріпильних виробів для фланцевого з'єднання люка: болтів – сталь 40 ГОСТ 1050-88, гайок – сталь 35 ГОСТ 1050-88.

Матеріал прокладок – ПОН 2,0 ГОСТ 481-80.

Матеріал опорних лап і цапф для строповки – сталь СтЗсп5 ГОСТ 380-94.

Матеріал валу і лопатей мішалки – сталь 10Х17Н13М2Т ГОСТ 5632-72.

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ І СТІЙКІСТЬ

Початкові дані

Розрахункова температура

Робоча температура в апараті 95°C, в сорочці (з урахуванням тиску пари) 100°C. За розрахункову температуру приймаємо найбільшого значення температури стінки $t=100^\circ\text{C}$.

Робочий і розрахунковий тиск

Робочий тиск в апараті при температурі середовища 100°C $P_{\text{роб}}=0,3$ МПа.

Тиск при повному відкритті запобіжного клапана

$$P_k = P_{\text{роб}} + 0,05 \quad (5.1)$$

$$P_k = 0,3 + 0,05 = 0,35 \text{ МПа}$$

Елементи апарату розраховуються на тиск, що становить 90% тиску при повному відкритті клапана

$$0,9 \cdot P_k = 0,9 \cdot 0,35 = 0,315 \text{ МПа} \quad (5.2)$$

Гідростатичний тиск за умови повного заповнення апарату рідиною, МПа

$$P_r = \rho_c \cdot g \cdot h \cdot 10^{-6} \quad (5.3)$$

де ρ_c – Густина середовища, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;

h – висота стовпа рідини в апараті, м

$$P_r = 1270 \cdot 9,81 \cdot 4,75 \cdot 10^{-6} = 0,059 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск в апараті складає більше 5% від робочого тиску

$$0,059 \text{ МПа} > 0,05 \cdot 0,3 = 0,015 \text{ МПа}$$

тому враховується при подальших розрахунках.

Розрахунковий тиск (з урахуванням гідростатичного тиску)

$$P = 0,315 + 0,059 = 0,374 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт міцності зварних швів

Коефіцієнт міцності зварних швів ϕ_p визначається залежно від групи

апарату по методичних вказівках.

Враховуючи, що один з компонентів, використовуваних при отриманні ПВАД, а саме формальдегід, відноситься до речовин II класу небезпеки по ГОСТ 12.1.007-76 і, що розрахунковий тиск в апараті вище 0,07 МПа, визначаємо групу апарату – 1.

Для апаратів 1 групи довжина контрольованих швів складає 100% від загальної довжини швів.

Для стикових швів з двостороннім суцільним проваром, що виконуються автоматичною і напівавтоматичною зваркою коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi_p=1$.

Надбавки до розрахункових величин конструктивних елементів

Надбавка для компенсації корозії C_1 прийнята виходячи з швидкості проникнення корозії, що максимально допускається, з боку робочої середовища $\Pi=0,01$ мм/рік і з боку теплоносія $\Pi_{руб}=0,05$ мм/рік.

Для елементів корпусу, схильних до корозії з боку робочого середовища і теплоносія, при терміні служби апарату $\tau=20$ років надбавка на корозію складе

$$C_1=(\Pi+\Pi_{руб})\cdot\tau \quad (5.4)$$

$$C_1=0,05\cdot 20=1 \text{ мм}$$

Надбавка C_2 залежить від товщини листового прокату. Надбавку C_2 враховуємо у тому випадку, коли її значення перевищує 5% від номінальної товщини листа. Спільну надбавку до розрахункової товщини визначаємо по формулі

$$C=C_1+C_2 \quad (5.5)$$

Допустимі напруження

Допустимі напруження, при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при температурі 20°C $[\sigma]_{20}$ для елементів апарату приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Допустимі напруження

Матеріал елементу апарату	Допустимі напруження, МПа		Відношення [σ] ₂₀ /[σ]
	[σ] ₂₀	[σ]	
Сталь Ст3сп	154	149	1,033
Сталь 12X18Н10Т	184	174	1,057
Сталь 20	147	142	1,035
Сталь35; Сталь 40	130	126	1,032

Допустимі напруження для двошарової сталі визначаємо по формулі

$$[\sigma] = \frac{[\sigma]_0(S_0 - C_0) + [\sigma]_n(S_n - C_n)}{(S_0 - C_0) + (S_n - C_n)}, \quad (5.6)$$

де $[\sigma]_0$, $[\sigma]_n$ – допустимі напруження, при розрахунковій температурі для матеріалів відповідно основного і корозійностійкого шарів, МПа;

S_0 , S_n – товщина відповідно основного і корозійностійкого шарів, мм;

C_0 , C_n – надбавка для компенсації корозії і ерозії матеріалу відповідно основного і корозійностійкого шарів, мм.

При визначенні допустимих напружень по формулі (5–6) товщина корозійностійкого шару приймається максимальною при $[\sigma]_0 < [\sigma]_n$.

Для визначення допустимих напружень для двошарової сталі, знаходимо розрахункову товщину стінки апарату в першому наближенні

$$S_p = \frac{PD}{2[\sigma]_0 \varphi_p - P}, \quad (5.7)$$

де P – розрахунковий внутрішній надлишковий тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм

$$S_p = \frac{0,374 \cdot 3000}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,374} = 3,77 \text{ мм}.$$

Виконавчу товщину стінки апарату визначаємо по формулі

$$S \geq S_p + C, \quad (5.8)$$

де $C = C_1 + C_2 = 1,2 + 0,6 = 1,8$ мм

$$S \geq 3,77 + 1,8 = 5,57 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину стінки апарату $S = 6$ мм, яка складається з товщини основного шару $S_0 = 5$ мм і корозійностійкого шару $S_{\text{п}} = 1$ мм

Надбавки для компенсації корозії і ерозії складає для матеріалів основного шару $C_0 = 1$ мм і корозійностійкого шару $C_{\text{п}} = 0,2$ мм

Допустимі напруження для двохшарової сталі складе:

При температурі 20°C

$$[\sigma]^{20} = \frac{154(5-1) + 184(1-0,2)}{(5-1) + (1-0,2)} = 159 \text{ МПа};$$

при розрахунковій температурі

$$[\sigma]^{20} = \frac{154(5-1) + 174(1-0,2)}{(5-1) + (1-0,2)} = 153,2 \text{ МПа}.$$

Пробний тиск в апараті

Пробний тиск, при якому проводиться випробування апарату

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (5.9)$$

Відношення $[\sigma]_{20}/[\sigma]$ прийняте по тому з використаних матеріалів елементів апарату, для якого воно є найменшим.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 0,374 \cdot 1,032 = 0,482 \text{ МПа}.$$

Гідростатичний тиск води при випробуванні

$$P_{\text{води}} = \rho_{\text{води}} \cdot n \cdot P \cdot 10^{-6}, \quad (5.10)$$

$$P_{\text{води}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,75 \cdot 10^{-6} = 0,0466 \text{ МПа}.$$

Гідростатичний тиск води при випробуванні більше 5% від пробного тиску
 $0,0466 \text{ МПа} > 0,05 \cdot 0,482 = 0,0241 \text{ МПа}$

тому враховується при подальших розрахунках.

Розрахунковий тиск при випробуванні P_H (з урахуванням гідростатичного тиску води) рівний

$$P_H = 0,482 + 0,0466 = 0,5286 \text{ МПа}$$

При виконанні умови

$$P_H \leq 1,35 \cdot P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (5.11)$$

розрахунок апарату на міцність в умовах випробування проводити не потрібно

$$0,5286 < 1,35 \cdot 0,374 \cdot 1,032;$$

$$0,5186 \text{ МПа} < 0,521 \text{ МПа.}$$

Умова не виконується, отже, розрахунок вироблюваний для робочих умов і умов випробування.

Робочий, розрахунковий і пробний тиск в сорочці

Робочий тиск в сорочці

$$P_{руб} = 0,4 \text{ МПа.}$$

Тиск в сорочці при відкритті запобіжного клапана визначується по формулі

$$P_{к руб} = 1,15 \cdot P_{руб} \quad (5.12)$$

$$P_{к руб} = 1,15 \cdot 0,4 = 0,46 \text{ МПа.}$$

Розрахунковий тиск в сорочці без врахування гідростатичного тиску складає 90% тиску відкриття клапана

$$0,9 \cdot 0,46 = 0,414 \text{ МПа.}$$

Приймаємо розрахунковий тиск в сорочці $P_1 = 0,42 \text{ МПа.}$

Пробний тиск в сорочці визначаємо по формулі

$$P_{1 пр} = 1,25 \cdot 0,42 \cdot 1,032 = 0,542 \text{ МПа}$$

Визначаємо гідростатичний тиск води в сорочці при випробуванні, при цьому висоту стовпа рідини в сорочці приймаємо рівній максимальній висоті сорочки

$$P_{1г води} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} = 0,042 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск води в сорочці при випробуванні складає більше 5% від пробного тиску

$$0,042 \text{ МПа} > 0,05 \cdot 0,542 = 0,0271 \text{ МПа}$$

тому враховується при подальших розрахунках.

Розрахунковий тиск при випробуванні (з урахуванням гідростатичного тиску води) рівний

$$P_{1н} = 0,542 + 0,042 = 0,584 \text{ МПа.}$$

При виконанні умови розрахунок сорочки на міцність в умовах випробувань проводити не потрібно.

$$0,584 < 1,35 \cdot 0,42 \cdot 1,032,$$

$$0,584 \text{ МПа} < 0,585 \text{ МПа}$$

Умова (5–11) виконується, отже, розрахунок сорочки проводити тільки для робочих умов.

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АПАРАТУ

Технологія виготовлення деталей

Правка матеріалу

Прокат, що випускається металургійними заводами, в процесі транспортування і зберігання інколи отримує різні викривлення. Для випрямлення сортового і профільного прокату застосовують правку.

Правка листів малої і середньої товщини проводиться в холодному стані. Холодна правка супроводжується появою залишкових деформацій, нерівномірно розподілених по довжині і ширині листа, це слід враховувати при подальшій обробці.

Для холодної правки листового матеріалу застосовують листоправильні вальці. У цій машині правку проводять за допомогою гибочних роликів. Лист рухається за рахунок сил тертя, що виникають між поверхнею роликів і матеріалом. Лист прямує між поверхнями роликів, при цьому зазор між ними робиться таким, щоб під час просування лист кілька разів піддавався знакозмінному вигину. Правка проводиться за два-три проходи.

Розмітка. Розкрій

Розміткою називається операція, що полягає в перенесенні на поверхню заготовки з креслення або зразка розмірних або ліній з урахуванням припусків, необхідних для подальшої обробки. Розрізняють припуски трьох видів:

- припуски на обробку;
- припуски на деформацію;
- конструктивні припуски.

Розмітку найчастіше проводять на спеціальних чавунних розмічальних плитах. Розмір плити повинен забезпечувати вільне розміщення на ній деталі і розмічального інструменту.

При розмітці на листі металу контури деталей необхідно розміщувати їх так, щоб було якомога менше відходів при різанні. Спосіб розташування заготовок деталей на матеріалі називається розкромом.

Існує три основні способи розкрою листів:

- індивідуальний розкрій, при якому матеріал розрізають на смуги для виготовлення однойменних деталей;
- змішаний розкрій, при якому на листі розмічають комплекти деталей;
- груповий розкрій, при якому з листа спочатку вирізаються крупні заготовки, з відходів розкрояються деталі середньої величини, а обрізки використовуються для дрібних деталей.

Різка матеріалу

Операція різання полягає у відділенні частини матеріалу від початкового листа, прокату або поковки з метою отримання заготовок, для видалення зайвого припуску в деталях або підготовки їх кромки під .

По роду вживаних засобів всі способи різання можуть бути розбиті на три групи:

- механічний;
- газополум'яний;
- електродугий.

За допомогою механічного різання обробляється листовий матеріал завтовшки до 40 мм і велика частина сортового прокату. Механічне різання може бути двох видів без зняття стружки (ножиці гільйотин, дискові ножиці, преса) і із зняттям стружки (відрізання різцем, фрезерування, різка дисковою пилою).

Газополум'яне і електродугове різання застосовують головним чином при вирізці заготовок з листів завтовшки більше 25 мм.

Утворення отворів

Отвір в деталях можна утворювати механічною обробкою, пробивкою на пресах газополум'яним або електродугою різанням, електроерозійною обробкою, хімічним фрезеруванням.

Обробка кромки

Після різання, вирубки і свердління по краях оброблених деталей залишаються задирки, напливи, залишки флюсу і інші нерівності, що порушують

форму деталей. Їх усувають за допомогою обрубання і обпилювання.

Операція обрубання полягає в періодичному відділенні від основного виробу невеликих шматків матеріалу. Найбільш продуктивним способом обрубання є рубка зубилом, встановленим в пневматичному молотку.

Операція обпилювання полягає в знятті з поверхні дрібної стружки матеріалу. Обпилювання проводиться напилками або абразивними кругами, укріпленими в переносних машинах.

Виготовлення обичайок

Вальцювання є основною операцією при виготовленні обичайок. Заготовки обичайок отримують з листового матеріалу після проведення операцій правки, розмітки, різки і обробки кромки.

Перед вальцюванням проводять підгибку краєвих ділянок заготовки уручну, на гідравлічних кромкогибочних пресах шляхом втискування в загинальну матрицю на валках.

При ручній подгибці кінець листа встановлюють між валками так, щоб край листа був розташований паралельно осям валків. Лист притискають верхніми валками до нижніх і підгинають край кувалдою або киянкою. Потім обертанням валків лист пересувається, і аналогічні операції проводять для протилежного кінця.

Після подгибки заготовку заводять у вальці і вальцюють в два-три проходи до отримання необхідного радіусу гнучкі. Правильність гнуття перевіряється металевим шаблоном.

Штапування днищ

Штапування днищ на гідравлічних пресах проводяться зазвичай в гарячому стані за один подвійний ход преса. Нагріту заготовку укладають на протяжне кільце так, щоб краї заготовки, що виходять за стінки кільця, були рівними. Пуансон, що має форму днища, закріплюється на траверсі внутрішнього повзуна, робочого гідравлічного циліндра, що є плунжером. Повільно опускаючись, пуансон протягує заготовку через протяжне кільце,

утворюючи за один хід днище. Днища з двошарових сталей штампуються з попереднім притиском заготовки до протяжного кільця.

Термообробка

Для уникнення внутрішніх напружень, що виникають при гибці і штампуванні, а також для закріплення аустенітної структури корозійностійкого шару, матеріал після обробки і зварки необхідно піддати .

Зібрання апарата

Процес збірки зварюваних деталей полягає в наступному:

- установка деталей в пристосуваннях;
- перевірка зв'язаних поверхонь;
- пригін зварюваних елементів;
- фіксація взаємного розташування деталей (прихватка, затиск за допомогою струбцин і тому подібне);
- проведення процесу зварки і подальша обробка зварних швів.

Циліндрові обичайки можуть бути виготовлені з одного або декількох листів, але у всіх випадках слід прагнути до того, щоб кількість подовжніх швів була мінімальною.

Подовжні зварні шви в обичайках і хордові шви днищ, що примикають до обичайок, не мають бути продовженням один іншого. Їх необхідно зміщувати один щодо одного на величину трикратної товщини найбільш товстого листа, але не менше, чим на 100 мм.

7 РЕМОНТ І МОНТАЖ

При монтажі вертикальних лопатевих мішалок необхідно забезпечити строгу вертикальність валу і унеможливити помітного дисбалансу мешателів щодо осі обертання. Відсутність дисбалансу перевіряють шляхом пробного пуску на робоче число обертів, при якому не повинно бути вібрації апарату і биття валу. Биття валу легко виявляється за допомогою рейсмуса.

З'єднання валів за допомогою муфт дуже відповідальна операція, особливо при використанні підвісних валів.

Монтаж жорстких муфт вимагає ретельної центровки валів, що жорстко з'єднуються. Продольно-звертні муфти можна встановлювати тільки після попередньої центровки валів. Напівмуфти з'єднуються кріпильними болтами, які мають бути надійно затягнуті. Голівки болтів розміщують у вузьких гніздах, тому при кріпленні гайки вони не повертаються. Насамперед затягують гайки крайніх болтів по діагоналі.

При монтажі зубчастих муфт слід добре промити всі деталі, просушити їх і після установки напівмуфт залити порожнину зачеплення змащувальним маслом згідно інструкції. Як мастило застосовують головним чином віскозин або нігрол. Напівмуфти встановлюють на кінцях валів щільною посадкою. Ущільнення в роз'ємі між торцями напівмуфт забезпечуються прокладкою.

Напівмуфти знімають з валу за допомогою гвинтових знімачів з лапами. Гвинт при обертанні в хрестовині знімача упирається торцем в торець валу і переміщає хрестовину. При цьому лапи, з'єднані з хрестовиною, стягують напівмуфту з валу за тильну поверхню.

При частому зніманні напівмуфт їх отвір під вал поступово збільшуються, унаслідок чого не вдається забезпечити необхідну посадку. Первинний розмір отвору відновлюють шляхом наплавлення електрозварюванням з подальшим розточуванням.

Наявність сорочки ускладнює можливість швидкого визначення дефекту, тому після кожного ремонту простір між сорочкою і корпусом перевіряють опресовуванням.

Привід передає момент обертання валу мішалки. За допомогою проміжного пристрою, що виключає дію поперечних сил на вихідний вал редуктора. Мотор-редуктор поставляється заводом-виготівником зібраним на мішалці або окремо. У першому випадку перед транспортуванням, як для приводу, так і для всього ротора (усередені корпусу апарату) встановлюються розпірки, що запобігають їх поломці. На монтажному майданчику ці розпірки знімають (інколи зрізають газорезкою) і перевіряють легкість повертання. Потім запускають двигун і перевіряють вхолосту привід і ротор. При цьому стежать за навантаженням мотора, температурою підшипників і прослухують шум, супроводжуючий роботу редуктора. Виявлені дефекти усувають після розбирання відповідного вузла.

При розділеному постачанні приводу його транспортування і установку на апарат проводять тільки за допомогою спеціальних стропових пристроївна приводі.

При орієнтації мотор-редуктора треба щоб був забезпечений вільний доступ до маслоуказателя і маслозливної пробки. Для валів вертикальних роторів, застосовують поперечно-звертні і продольно-звертні глухі муфти. Напівмуфта на вал редуктора повинна насаджуватися до упору в бурт валу, заздалегідь підігріта до 120-150°C. При насадці напівмуфти не рекомендується користуватися молотком, оскільки при сильних ударах можна пошкодити підшипники. Болти, стягуючі обидві половинки кожної муфти, мають бути затягнуті так, щоб сила тертя, що виникає при цьому, була достатня для передачі крутящого моменту. На обидва вали встановлюють шпонки.

Особливо важливою умовою монтажу приводу і корпусу апарату є необхідність строгої вертикальності валів і їх співісність.

Зібрана або відремонтована мішалка здається в експлуатацію після пробного пуску приводу під навантаженням.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Виробництво полівінілацетатної дисперсії є пожеже- і вибухонебезпечним. Основними умовами безпечної експлуатації є строге дотримання обслуговуючим персоналом норм технологічного режиму, робочих інструкцій і інструкцій по охороні праці.

8.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожеже- і вибухонебезпека вживаних і отримуваних на виробництві речовин (Див. Табл.8.1÷8.3)

Таблиця 8.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Найменування речовин	Агрегатний стан	Температура плавлення °С	Температура кипіння °С
1. Оцетова кислота	Рідина	16,7	118,1
2. Вінілацетат	Рідина	-60	72,7
3. Ацетилен	газ	–	–84
4. Спирт етиловий	Рідина	10,8	100,1
5. Ацетон	Рідина	-95	56

Таблиця 8.2 Показники вибухо- і пожежебезпеки

З'єднання	Температура самозаймання °С	Межі розповсюдження полум'я		Температурні межі вибуховості	
		нижня	верхня	нижня	верхня
1. Оцетова кислота	454	3,2	22	-	-
2. Вінілацетат	380	2,5	17,5	-	-
3. Ацетилен	335	2,1	81	4	5
4. Етиловий спирт	404	3,6	19	11	54
5. Ацетон	465	2,2	13	-20	6

Таблиця 8.3 Характеристика токсичності

З'єднання	Клас небезпеки	ГДК мг/м ³	Характеристика дії на організм людини	Засоби індивідуального захисту
1	2	3	4	5
1. Оцетова кислота	3	5	Їдка дратівлива рідина, постійну дію викликає захворювання носа, носоглотки і гортані. Дратівлива дія на слизисті оболонки дихальних шляхів і очей, викликає опіки.	Захисні окуляри ЗН-4Г, захисний спецодяг, що фільтрують протигазу марки «А», «М», шлангові протигазу.
2. Вінілацетат	3	10	Володіє наркотичною і дратівливою дією. Дратує слизисту оболонку очей і дихальних шляхів.	Спец. одяг, спец. взуття, протигазу марки «А», «Н»
3. Ацетилен	4	500	Діє наркотично викликає задуху, отруєння.	Шлангові або киснево-ізолюючі протигазу.
4. Спирт етиловий		1000	На людину діє дратівливо	Протигазу марки «А», «М»
1	2	3	4	5
5. Ацетон		200	Викликає загальнотоксичну дію	Захисні окуляри, гумові рукавички спец. одяг, протигазу марки «А», «М»

8.3 Небезпечні і шкідливі виробничі чинники на виробництві

Основними небезпеками в цеху є:

- Пожежебезпека – загроза виникнення пожежі за наявності горючих газів, пари самозаймистих або легкозаймистих рідин, твердих матеріалів при появі відповідних умов – температури, відкритого вогню і так далі

- Вибухонебезпека – утворення вибухонебезпечних сумішей при певних концентраціях шкідливих газів і пари в повітрі, які за наявності джерела запалення можуть вибухати. Підсос кисню повітря через нещільності системи в результаті розгерметизації устаткування при порушенні норм технологічного режиму, що веде до системи вибухонебезпечних сумішей. До найбільш небезпечних речовин, що знаходяться в цеху, які здатні утворювати вибухонебезпечні суміші відносяться – ацетилен, ацетон.

- Газонебезпека – можливість отруєння хімічними речовинами, дія на організм людини газів, пари, рідких і твердих речовин у вигляді пилу, які можуть потрапляти всередовищу через легені, шлунково-кишковий тракт і шкіру. До небезпечних хімічних речовин, що знаходяться в цеху, які можуть викликати отруєння, відносяться: винилацетат, окисел вуглецю, ацетилен, кислота

- Підвищення температури вище за допустимі межі;

- Перевищення тиску вище вказаних норм

- Підвищений рівень шуму на робочому місці (робота газодувок, електродвигунів, дроселювання газу і пари).

- Застосування електроенергії в штучному освітленні, в контрольно-вимірювальних і регулюючих приладах, використання високої напруги в електродвигунах потужністю до 100 кВт.

- Утворення статичної електрики при сливі, наливанні і перекачуванні органічних рідин по металевих і неметалічних трубопроводах

- Небезпека попадання під залізничний, автомобільний транспорт – при пересуванні по території комбінату, при обслуговуванні залізничних цистерн,

вагонів.

В результаті порушень нормального технологічного режиму або незадовільної роботи контрольно-вимірювальних приладів і захисних блокувань можуть статися аварії і нещасні випадки і, у зв'язку з цим, можливі:

- Отруєння хімічними речовинами;
- Ураження електрострумом – при неправильному обслуговуванні електроустаткування, при зіткненні з неізольованими частками кабелів, електропроводок.
- Термічні опіки – киплячими розчинами, гарячою водою, займистими газами, розжареними матеріалами і іншими гарячими предметами і речовинами з температурою вище 60 ° С.
- Механічні травми – порізи, садно, вивихи і переломи кісток можуть статися унаслідок порушення правил техніки безпеки обслуговування апаратів, рухомих часток або механізмів устаткування, що обертаються, підіймальних пристосувань і при виконанні інших робіт.

8. 4 Класифікація і категорійність проектного виробництва ПВАД і його приміщень

Категорія приміщень по вибухонебезпеці згідно ОНТП 24-86	A
Категорія технологічних блоків по рівню вибухонебезпеки	B-ia
Група виробничих процесів по санітарній характеристиці по	III
Клас по санітарній характеристиці Сніп 1.09.04-87	2
Ширіна захисної зони	500 м

8.5 Заходи щодо запобігання проявушкідливих і небезпечних чинників

8.5.1 Заходи щодо боротьби з шумом і вібрацією

Необхідно прагнути до усунення або зменшення вібрації і шуму в джерелах їх утворення, застосовувати заходи зниження шуму по шляху його

розповсюдження, а також мати засоби індивідуального захисту.

1. Жорстке кріплення віброуючих деталей і вузлів, усунення зайвих зазорів в зчленуваннях машин і механізмів;
2. Амортизація і віброізоляція за допомогою сталевих пружин (ресор) і пружних матеріалів;
3. Балансування рухомих деталей і механізмів, що обертаються;
4. Збільшення спільної маси фундаменту і використання масивних металевих плит у фундаментних опорах;
5. Ізоляція фундаменту устаткування від ґрунту за допомогою акустичних швів;
6. Зміна числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
7. Заміна ударного устаткування безударним;
8. Застосування динамічних віброгасителів

На виробництві передбачено застосування робочим персоналом засобів індивідуального захисту від шуму: заглушок (антифонів), які вкладаються в зовнішній слуховий прохід, і навушників. Для захисту від вібрації передбачено віброізолююче взуття і рукавиці.

8.5.2 Заходи щодо захисту від статичної електрики

У виробничих умовах часто виникає небезпека появи і накопичення зарядів статичної електрики.

Виникнення зарядів відбувається при деформації, розбризкуванні речовин, відносному переміщенні тіл, що знаходяться в контакті, шарів рідини або сипких тіл, при інтенсивному перемішуванні, випарі речовин.

За відсутності необхідних умов для стікання заряду відбувається його накопичення, яке може привести до виникнення іскрових зарядів, безпосередньої дії на людину, негативній дії на технологічний процес. До заходів захисту від статичної електрики відносять наступні заходи:

- зниження інтенсивності генерації зарядів;

відведення заряду шляхом заземлення або зменшення опору;
нейтралізація накопичених зарядів.

Для відведення статичної електрики, яка накопичується на людині передбачають:

- забезпечення робітників струмопровідним взуттям;
- заборона одягу з синтетики і шовку, а також кілець і металевих прикрас;
- устаткування електропровідної половини або заземлених зон, підмостків і робочих ділянок, заземлення ручок дверей, поручнів сходів, рукояток приладів, машин і апаратів.

8.5.3 Заходи щодо електробезпеки

Електротехнічні ремонтні роботи в цеху можуть проводитися тільки з дозволу майстера енергослужби під спостереженням останнього.

Працювати без спецодягу забороняється. Включення і відключення енергоустановок проводиться в гумових рукавичках, стоячи на ізолюючій підставі. Заміну згорілих запобіжників проводити при знятій напрузі в діелектричних рукавичках, стоячи на ізолюючій підставі, і в окулярах. На силових складках, де зняти напругу неможливо, допускається заміна запобіжників при знятті навантаження з даного фідера. При цьому окрім вказаних вище мерів обережності заміну запобіжників слід проводити ізолюючими кліщами. Забороняється торкатися до обірваних дротів і токоведущим частинам устаткування. Всі рубильники і інша пускова апаратура повинна мати відповідні обгороджування. Обірвані кінці електропроводок мають бути ізолювані.

8.5.4 Заходи щодо пожежної безпеки

Вимоги пожежної безпеки передбачають як заходи по запобіганню виникнення і розповсюдження пожеж і вибухів, так і ефективний захист об'єкту (заводу, цеху, ділянки, лабораторії). До таких заходів відносяться:

- технічні і організаційні заходи щодо запобігання утворенню пожеже-і вибухонебезпечного середовища:

- технічні і організаційні заходи щодо запобігання виникненню імпульсів спалаху (організація місць для виробництва вогневих робіт, вибір відповідного електроустаткування, у тому числі світильників, усунення прояву зарядів статичної електрики).

- протипожежний водопровід на території об'єкту і пожежний водопровід в будівлях виробництв і складів;

– стаціонарні установки в цехах систем пінного і углекислотного тушіння, спеціальне підведення водяної пари або азоту концентрацією, не меншою за 97%;

– мережа пожежних проїздів на території об'єкту;

– передбачені резервуари для незайманого запасу води

Забезпечення швидкої евакуації із зони пожежі людей і матеріальних цінностей.

Під час пожежі люди повинні покинути будівлю протягом мінімального часу, який визначається найкоротшою відстанню від місця їх знаходження до виходу назовні. З виробничих будівель і приміщень передбачено як мінімум два виходи. Ширіна поверхів основних евакуаційних сходів від 1 м до 2,4 м. Нахил сходів 45 °. на клітках повинно бути тільки природне освітлення. Сходи не згорають.

Пожежний зв'язок і сигналізація

Виробництво оснащено пожежним зв'язком і сигналізацією:

- оповіщувачі

- телефонний зв'язок

- пожежна сигналізація

- звукова сигналізація

- гучномовний промисловий зв'язок.

8.5.5 Засоби пожежогасіння:

Як засоби пожежогасінні в цеху застосовуються

- ящики з піском і азбестовим полотном;
- пожежні крани;
- азотно-пінна установка
- вогнегасники порошкові ОПУ-2-03, ОПШ-10.
- вогнегасники ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-80, ОУ-40, ОУ-25.
- пересувна углекислотная установка.

9 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

Інженерна екологія і її завдання

У сучасних умовах гостро виникає завдання охорони природи від різних забруднень. Щорік викидаються мільйони тонн різних твердих і газоподібних відходів, водоймища забруднюються мільярдами кубометрів стічних вод. В результаті забруднення природної середовища погіршується здоров'я населення, гине тваринний і рослинний світ, прискорюється руйнування матеріалів, будівель і споруд. Науковою базою охорони природи є екологія. Завдання екології – це зниження забруднення природної середовища. Для цього необхідне створення і впровадження принципово нових, безвідходних технологічних процесів.

В процесі виробництва в атмосферу викидаються такі види забруднень:

- теплове;
- забруднення повітря газами, пилом;
- хімічне забруднення води;
- забруднення ґрунту.

У виробництві для нейтралізації тепла використовують механічну вентиляцію, що є недоліком для нейтралізації тепла.

Для очищення атмосфери використовується:

- механічна вентиляція;
- факели повного спалювання;
- контрольні клапани, які випускають гази в закриту систему через сепаратора з подальшою утилізацією або спалюванням на факелі шкідливих викидів;
- утилізація, очищення або спалювання газових викидів;
- газоаналізатори на оксид карбонату для контролю над повним спалюванням.

Для очищення води від хімічних забруднень використовують механічне біологічне очищення води, що є недостатнім, оскільки цей метод очищення господарський побутових і промислових стічних вод.

Відходи, що утворюються на проектованому виробництві

Дані про кількість і коротку характеристику відходів виробництва зводимо в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1 – Характеристика відходів виробництва

№	Назва	Агрегатний стан	Кількість т/рік (м ³ /год)	Періодичність освіти	ГДК в повітрі, мг/м ³			Клас безпеки	ГДК у воді водоймищ, мг/л		Клас безпеки
					Робочої зони	Населених місць			Госпитового	Рибо- господарського	
						Макс. разова	Середньодобова				
1	Виробничі залишки	рідина	29,85	Постійно					0,1	0,01	4
2	Технологічний конденсат	рідина	16,65	Постійно					0,001	0,001	4
3	Солевмісні стоки	рідина	20	Періодично					0,4	0,4	2
4	Шкідливі викиди в атмосферу	газ	7920	Постійно	6	6	6	3			
5	Пари сірководня	газ	12840	Аварійно	10	10	10	4			
6	Пари моноетанолу	газ	10110	Постійно	50	50	50	4			

Таблиця 9.2 – Викиди в атмосферу

№	Найменування викиду і шкідливої речовини, апарат, діаметр, висота викиду	Кількість в джерел викиду	Сумарна витрата відхідних газів, м ³ /Г	Тривалість викиду, год/раз	Характеристика викиду			Сумарний викид, кг/рік
					Температура °С	Найменування показника	Значення показника	
1	Газовий викид від збірки формаліну поз.21/11. Діаметр – 0,05 м Висота – 15 м	1	5,6	При прийомі 2660	Не більше 35	Метанол, мг/м ³ Формальдегід, мг/м ³	15200 15200	134,0 13,0
2	Газовий викид від вакуум насоса поз.116 Діаметр – 0,079 м Висота – 12 м	1	50	При завантаженні карбаміду і вакуум-сумки 8382	Не більше 35	Метанол, мг/м ³ Формальдегід, мг/м ³	1180 125	84,0 125
3	Газовий викид від мірника аміачної води поз.37/1 Діаметр – 0,05 м Висота – 15 м	1	3,2	При прийомі 59	Не більше 35	Аміак, мг/м ³	570420	60,0
4	Гаряча газоповітряна суміш Діаметр-0,05 м, Висота-50 м	1	3,2		220	Аміак, мг/м ³	76	

Таблиця 9.3 – Стічні води

Найменування стоку і шкідливої речовини в нім, відділення, апарат	Кількість стоків, викидів, м ³ /т	Характеристика стоку		
		Склад стоку, мг/дм ³ по компонентах		
		Найменування показника, одиниця	Значення показника	Допустима кількість шкідливих речовин, кг/м ³
Стічна вода з апарату поз.116	0,882	Формальдегід Метанол	18,2 1598	0,0182 1,6
Стічна вода з пасток поз. 116а, 192	0,03	Формальдегід Метанол Сухий залишок	60800 70300 46000	60,8 70,3 46,0
Стічна вода при промиванні реактора поз.81/4	0,101	Формальдегід Метанол	1,485 0,0061	1,485 0,0061

Вплив відходів виробництва на живі організми

Пари вуглеводнів

Людина. При дуже високих концентраціях майже миттєва втрата свідомості і смерть протягом декількох хвилин. Забарвлення особи синюшне, слизисті оболонки часто вишневокрасні. При менших концентраціях – збудження, подібно до алкогольного, потім сонливість, спільна слабкість, запаморочення, нудота, блювота, головний біль, втрата свідомості. Після важких отруень, які не приводять безпосередньо до смерті, інколи спостерігаються тривалі розлади здоров'я: плеврити, катары верхніх дихальних шляхів, захворювання рогівки і сітківки, ураження печінки, сердечні розлади. При концентрації в повітрі 5 мг/л – через декілька хвилин втрата свідомості і смерть через 5 годин, в крові 0,9 мг/л.

Тварини. У тварин швидко зачинається безперервне тремтіння що змінюлося судомами всього тіла, пізніше нерухомість. Ригідність хвоста. Периферичні апарату розширені, дихання сповільнене. Смерть від зупинки дихання. Рефлекси зникають майже перед самою загибеллю. При зниженому парціальному тиску кисню миші швидко гинуть від дії пари вуглеводня. Висока температура навколишнього повітря підсилює токсичну дію, проте при адаптації тварини до високої температури відбувається значне посилення дії пари вуглеводнів. низька температура повітря знижує чутливість тваринних до пар вуглеводнів.

Рослини. При малих і великих концентраціях гинуть.

Вплив відходів виробництва на фізико-хімічні і біологічні процеси, що відбуваються в біосфері

Найбільша питома вага забруднень атмосферного повітря припадає на частку оксидів вуглецю, азоту, вуглеводнів і промислового пилу, які поступають в атмосферу при нафтопереробці. Коли забруднення поступають в атмосферу, то утворюються, зможи.

Забруднення, що поступають в атмосферу, з осіданнями повертаються на землю і потрапляють у водоймища і ґрунт.

Стічними водами підприємства забруднюються річки, озера. У них потрапляють масла і нафтопродукти. Величезна кількість відходів потрапляє в ґрунт, самоочищення якого практично не відбувається або відбувається дуже повільно. Забруднення ґрунту токсичними речовинами, які накопичуються, що приводить до поступової зміни хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічної середовища і живих організмів.

Причиною теплового «забруднення» водоймищ є скидання нагрітих вод з систем охолодження через яких минає до 5% від споживаних установкою вод. Теплове «забруднення» впливає на термічний і біологічний процес водоймищ. Непряма дія теплового навантаження на водні організми приводить до збільшення їх сприйнятливості до захворювань, зміни розчинності газів і зростанню швидкості реакції токсичних і інших хімічних речовин у воді, сприяє заміні звичайної флори водоростей менш бажаними синьо-зеленими водоростями.

Таким чином, викиди промислових забруднень в біосферу, приводять до погіршення екологічного полягання в нашому регіоні. Відбувається закислення ґрунтів, спустошення і загибель лісів, змінюється видовий склад флори і фауни в багатьох водоймищах, забруднюються не лише малі річки, але і крупні водоймища; відчувається брак прісної води, атмосфера багатьох міст органічними і неорганічними речовинами, концентрації яких вищі за ГДК, зникають багато видів тварин і рослин, виникають нові хвороби, з відходами втрачається величезна кількість цінних речовин.

ВИСНОВКИ

Розроблено полімеризатор у виробництві ПВАД потужністю 20 тис. т/рік.

У першому розділі виконано аналіз методів отримання ПВАД, а також розглянуто апаратурне оформлення реакційних процесів в системі рідина-рідина.

У другому розділі виконано обґрунтування обраного методу здобуття ПВАД й устаткування, описано технологічну схему виробництва, характеристики сировини і готового продукту, а також проведено тепловий розрахунок полімеризатора та складено матеріальний баланс.

У третьому, четвертому, п'ятому і шостому розділах описано конструкцію, принцип роботи та технологія виготовлення полімеризатора, обрано основні конструкційні матеріалів для його виготовлення та проведено розрахунки на міцність, жорсткість і стійкість апарату відповідно до діючих в хімічному машинобудуванні документації.

У сьомому розділі розглянуто основні заходи при ремонті і монтажі запропонованого в роботі полімеризатора.

В останніх розділах розглянуто вимоги охорони праці й техніки безпеки при виробництві ПВАД та питання промислової екології.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Тимофеев В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: Учебн.пособие для вузов/В.С.Тимофеев, Л.А.Серафимов.–2-еизд., перераб.–М.:Высш.шк, 2003.–536 с.
2. Арис Р. Анализ процессов в химических ректорах: Пер. с англ./под ред И.И.Иоффе. – Л.:Химия, 1971. 223с.
3. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии.–М.:Химия, 1969. 406с.
4. Вейлас С.Ю Химическая кинетика и расчеты промышленных реакторов: пер. с англ./под ред П.А.Семенова.–М.:Химия, 1967.414 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии., М.: Химия, 1987. – 575 с.
6. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность., М.: Издательство стандартов, 1989. – 79 с.
7. Методические указания к расчету цилиндрических обечаек и выпуклых днищ стальных сварных сосудов и аппаратов для студентов специальности 7.090220., Северодонецк: СТИ, 2002. – 53 с.
8. Берлинер Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения., М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
9. Воробьева Г.Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств., М.: Химия, 1975. – 816 с.
10. Гайдамак К.М. Монтаж технологического оборудования химических производств. 2-е изд., перераб. и доп., М.: Стройиздат, 1977. – 192 с.
11. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Под ред. Толчинского А.Р., Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
12. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под ред. Дытнерского Ю.И., М.: Химия, 1983. – 272 с.

13. Попова Катализаторы очистки газовых выбросов промышленных производств., М.: Химия, 1991. – 175 с.
14. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии., М.: Химия, 1968. – 846 с.
15. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Навч. посібник., К.: ІСДО, 1995. – 360с.
16. Фармазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб., М.: Химия, 1980. – 312 с.
17. Фурман М.С. и др. Производство циклогексанона и адипиновой кислоты окислением циклогексана., М.: Химия, 1967. – 235 с.
18. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. (зі змінами та доповненнями), К.: Основа, 1998. – 374 с.
19. ГОСТ 6533-78. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры., М.: Издательство стандартов, 1985. – 37 с.
20. ГОСТ 8732-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент., М.: Издательство стандартов, 1978. – 11 с.
21. ГОСТ 8734-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования., М.: Издательство стандартов, 1978. – 7 с.
22. ГОСТ 12816-80 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на Ру от 0,1 до 20,0 МПа. Общие технические требования., М.: Издательство стандартов, 1989. – 10 с.
23. ГОСТ 12820-80 Фланцы стальные плоские приварные на Ру от 0,1 до 2,5 МПа. Конструкция и размеры., М.: Издательство стандартов, 1985. – 16 с.
24. ОСТ 26-2002-83. Люки с плоскими крышками стальных сварных сосудов и аппаратов. Конструкция. – 44 с.

25. ОСТ 26-2013-83. Устройства подъемно-поворотные для крышек люков стальных сварных сосудов и аппаратов. Конструкция. – 13 с.
26. ГСТУ 3-17-191-2000 Поапарату та апарати сталльні зварні. Загальні технічні умови. – Державний комітет промислової політики України. – 301 с.
27. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за спеціальністю 7.090220 – обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів”, Сєверодонецьк: СТИ, 1998. – 15 с.
28. Методические указания к оформлению курсовых и дипломных проектов для студентов специальности 7.090220. Северодонецк: СТИ, 2000. – 35 с.
29. Методические указания к проектированию стальных сварных сосудов и аппаратов в курсовом и дипломном проектировании для студентов специальности 7.090220 / Сост. А.И. Барвин, И.М. Генкина, Д.А. Куликов, В.В. Иванченко, В.Г. Табунщиков, Г.В. Тараненко, Ю.Н. Штонда., Северодонецк: СТИ, 2002. – 58 с.
30. Методичні вказівки до ввиконання розділу з охорони праці в дипломних проектах (роботах) для студентів V–VI курсів хімічного та механічного факультетів денної та заочної форм навчання., Сєверодонецьк: СТИ, 2002. – 42 с.
31. Методические указания к выполнению раздела “Экологическая часть” в дипломных проектах (работах) для студентов 5, 6 курсов всех специальностей дневной и заочной форм обучения. Быкова С.П., Северодонецк: СТИ, 2001. – 10 с.
32. Методические указания к выполнению тепловых расчетов аппаратов с мешалками в курсовом и дипломном проектировании для студентов специальности 17.05 V – VI курсов. – Днепропетровск, ДХТИ, 1990.

ДОДАТКИ

Додаток А

Розрахунок елементів устаткування

Розрахунок циліндричної обичайки

Розрахунок товщини стінки обичайки розраховується по формулі

$$S_p = \frac{P_1 \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_1}$$

$$S_p = \frac{0,53 \cdot 3000}{2 \cdot 153,2 \cdot 1 - 0,53} = 5,2 \text{ мм}$$

Розрахунок товщини стінки обичайки від дії зовнішнього тиску

Розрахункова товщина стінки S_p , мм

$$1. \quad S_p = \max \left\{ K_2 D \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 P_1 D}{2[\sigma]} \right\}, \quad (\text{A.1})$$

де P_1 – розрахунковий зовнішній тиск, МПа.

Коефіцієнт K_2 визначається залежно від коефіцієнтів K_1 і K_3 по методичних вказівках.

$$K_1 = 0,36 \frac{n_y P_1}{10^{-6} E}, \quad (\text{A.2})$$

де $n_y=2,4$ – коефіцієнт запасу стійкості для робочих умов;

E – модуль подовжньої пружності матеріалу обичайки при розрахунковій температурі, МПа

$$E=191 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

$$K_1 = 0,36 \frac{2,4 \cdot 0,42}{191 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 1,9$$

$$K_3 = \frac{l}{D}, \quad (\text{A.3})$$

де l – розрахункова довжина гладкої обичайки, мм

$$l=l_1+l_3$$

де l_1 – довжина частки циліндричної обичайки, що працює під зовнішнім тиском, мм;

l_3 – довжина примикаючого елемента, мм

Визначаємо довжину l_1

$$l_1 = 5600 - 850 - 750 - 200 = 3800 \text{ мм}$$

$$l_3 = \frac{H}{3}, \quad (\text{A.4})$$

$$l_3 = \frac{750}{3} = 250 \text{ мм}$$

$$l = 3800 + 250 = 4050 \text{ мм}$$

$$\hat{E}_3 = \frac{4050}{3000} = 1,35.$$

Коефіцієнт K_2 визначуваний по номограмі, приведеній в методичних вказівках

$$K_2 = 0,65.$$

$$S_p = \max \left\{ 0,65 \cdot 3000 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot 0,42 \cdot 3000}{2 \cdot 153,2} \right\} = \max \{19,5; 4,52\} = 19,5 \text{ мм}.$$

Виконавчу товщину стінки визначаємо по більшому із значень розрахункової товщини стінки від дії внутрішнього надлишкового і зовнішнього тиску.

Виконавчу товщину стінки визначаємо по формулі

$$S \geq 19,5 + 1,2 + 1,5 = 22,2 \text{ мм}.$$

З урахуванням стандартної товщини листа приймаємо виконавчу товщину стінки обичайки $S = 25$ мм, яка складається з товщини основного шару $S_0 = 22$ мм і корозійностійкого шару $S_n = 3$ мм.

Внутрішній тиск, що допускається

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S-C)}{D+(S-C)}, \quad (\text{A.5})$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 153,2 \cdot 1(25 - 2,7)}{3000 + (25 - 2,7)} = 2,26 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності по внутрішньому тиску

$$P \leq [P],$$

$$0,374 \text{ МПа} < 2,26 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Зовнішній тиск, що допускається

$$[P] = \frac{[P]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_{\text{п}}}{[P]_{\text{Е}}}\right)^2}} \quad (\text{A.6})$$

де $[P]_{\text{п}}$ – тиск, що допускається, з умови міцності.

$$[D]_f = \frac{2[\sigma](S-C)}{D+(S-C)}, \quad (\text{A.7})$$

$$[P]_{\text{п}} = (2 \cdot 153,2 \cdot (25 - 2,7)) / (3000 + (25 - 2,7)) = 2,26 \text{ МПа}$$

$[P]_{\text{Е}}$ – тиск, що допускається, з умови стійкості

$$[P]_{\text{Е}} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot D \cdot E}{n_y \cdot B_1 \cdot l} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S-C)}{D} \right]^{2,5} \quad (\text{A.8})$$

де

$$B_1 = \min \left\{ 1, 0,9, 4,5 \frac{3000}{4050} \sqrt{\frac{3000}{100(25-2,7)}} \right\} = \min \{1, 0,8, 1,2\} = 1,0. \quad (\text{A.9})$$

$$[P]_{\text{Е}} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 3000 \cdot 191 \cdot 10^3}{2,4 \cdot 1 \cdot 4050} \cdot \left[\frac{100 \cdot (25 - 2,7)}{3000} \right]^{2,5} = 0,584 \text{ МПа}$$

Зовнішній тиск, що допускається, визначаємо по формулі

$$[P] = \frac{2,26}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,26}{0,584}\right)^2}} = 0,565 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності по зовнішньому тиску

$$0,42 \text{ МПа} < 0,565 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Набутого в результаті розрахунків значення S повинне задовольняти умові

$$\frac{S-C}{D} \leq 0,1, \quad (\text{A.10})$$

$$\frac{25 - 2,7}{3000} = 0,00743 < 0,1.$$

Умова виконується.

Розрахунок еліптичного днища

Верхнє еліптичне днище апарату працює під внутрішнім надлишковим тиском.

Розрахунок товщини стінки днища

Розрахункова товщина днища S_{1p} , мм

$$S_{1p} = \frac{PR}{2[\sigma]\varphi_p - 0,5P}, \quad (\text{A.11})$$

де R – радіус кривизни у вершині днища, мм

$$R=D=3000 \text{ мм}$$

$$S_{1p} = \frac{0,374 \cdot 3000}{2 \cdot 153,2 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,374} = 3,66 \text{ і мм}$$

Виконавча товщина днища

$$S_1 \geq S_{1p} + C, \quad (\text{A.12})$$

де $C=C_1+C_2=1,2+0,6=1,8$ мм

$$S_1 \geq 3,66 + 1,8 = 5,46 \text{ и}$$

$$S_1=6 \text{ мм}$$

Якщо довжина циліндричної отбортованої частини еліптичного днища

$$h_1 > 0,8 \sqrt{D(S_1 - C)} \quad (\text{A.13})$$

то товщина стінки днища S_1 має бути не менше товщини стінки обичайки S , розрахованої при $\varphi_p=1$.

$$100 \text{ мм} > 0,8$$

Умова виконується, отже, приймаємо товщину стінки днища S_1 рівній товщині стінки обичайки S

$$S_1=25 \text{ мм}$$

Визначення тиску, що допускається

Тиск, що допускається, для набутого значення S_1

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(S_1 - C)}{R + 0,5(S_1 - C)}, \quad (\text{A.14})$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 153,2 \cdot 1 \cdot (25 - 2)}{3000 + 0,5(25 - 2)} = 2,27 \text{ мм}$$

Перевірка умови міцності по формулі

$$0,374 \text{ МПа} < 2,27 \text{ МПа}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

Набутого в результаті розрахунку значення товщини стінки днища S_1 повинне задовольняти умові

$$0,002 \leq \frac{S_1 - C}{D} \leq 0,1, \quad (\text{A.15})$$

$$\frac{25 - 2,7}{3000} = 0,0074.$$

$$0,002 < 0,0074 < 0,1$$

Умова виконується.

Розрахунок нижнього еліптичного днища, навантаженого зовнішнім тиском

Розрахункову товщину стінки, мм, заздалегідь визначають по формулі

$$S_{1p} = \max \left\{ \frac{K_y R}{510} \sqrt{\frac{n_y P}{10^{-6} E}}; \frac{PR}{2[\sigma]} \right\}, \quad (\text{A.16})$$

де K_e – коефіцієнт приведення радіусу кривизни днища;

n_y – коефіцієнт запасу стійкості;

E – модуль подовжньої пружності матеріалу днища при розрахунковій температурі, МПа.

Для попереднього розрахунку K_e приймають рівним 0,9 для еліптичних днищ.

$$S_{1p} = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 3000}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,42}{10^{-6} \cdot 191 \cdot 10^3}}; \frac{0,42 \cdot 3000}{2 \cdot 153,2} \right\} = \max \{12,16; 4,11\} = 12,16 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки визначаємо по формулі

$$S_1 \geq 12,16 + 1,2 + 1,12 = 14,48 \text{ мм}$$

$$S_1 = 16 \text{ мм}$$

Набуте значення S_1 використовуємо для визначення розрахункового значення коефіцієнта K_e .

Розрахункове значення коефіцієнта K_e визначаємо по формулі

$$\hat{E}_y = \frac{1 + (2,4 + 8\delta)\delta}{1 + (3,0 + 10\delta)\delta}, \quad (\text{A.17})$$

де , (A.18)

$$\delta = 10 \frac{16 - 2,32}{3000} \left(\frac{3000}{2 \cdot 750} - \frac{2 \cdot 750}{3000} \right) = 0,0684.$$

$$\hat{E}_A = \frac{1 + (2,4 + 8 \cdot 0,0684) \cdot 0,0684}{1 + (3 + 10 \cdot 0,0684) \cdot 0,0684} = 0,96$$

$$S_{ip} = \max \left\{ \frac{0,96 \cdot 3000}{510} \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,42}{10^{-6} \cdot 191 \cdot 10^3}}; \frac{0,42 \cdot 3000}{2 \cdot 153,2} \right\} = \max \{12,97; 4,11\} = 12,97 \text{ i}$$

$$S_{ip} = \max \left\{ \frac{0,96 \cdot 3000}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,42}{10^{-6} \cdot 191 \cdot 10^3}}; \frac{0,42 \cdot 3000}{2 \cdot 153,2} \right\} = \max \{12,97; 4,11\} = 12,97 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки визначаємо по формулі

$$S_1 \geq 12,97 + 1,2 + 1,12 = 15,29 \text{ и}$$

$$S_1 = 16 \text{ мм}$$

Перевірка виконання умови

$$100 \text{ мм} > 0,8 .$$

Умова не виконується, отже, товщина стінки днища S_1 може бути менше товщини стінки обичайки S .

Тиск, що допускається, з умови міцності розраховується по формулі

$$[P]_n = \frac{2[\sigma](S_1 - C)}{R + 0,5(S_1 - C)}, \quad (\text{ A.19 })$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 153,2 \cdot (16 - 2,32)}{3000 + 0,5 \cdot (16 - 2,32)} = 1,394 \text{ и}$$

Тиск, що допускається, з умови стійкості в межах пружності

$$[P]_E = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S_1 - C)}{\hat{E}_A \cdot R} \right]^2, \quad (\text{ A.20 })$$

$$[P]_E = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot 199 \cdot 10^3}{2,4} \cdot \left[\frac{100 \cdot (16 - 2,32)}{0,96 \cdot 3000} \right]^2 = 0,467 \text{ МПа}$$

Зовнішній тиск, що допускається, МПа, розраховується по формулі

$$[P] = \frac{1,394}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,394}{0,467} \right)^2}} = 0,443 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності по формулі

0,42 МПа < 0,443 МПа.

Умова виконується.

Розрахунок сорочки

Розрахунок товщини стінки сорочки

Розрахункова товщина стінки сорочки

$$S_{1p} = \frac{P_1 \cdot D_{руб}}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_1}, \quad (\text{A.21})$$

де P_1 – внутрішньо надлишковий тиск в сорочці, МПа;

D – внутрішній діаметр сорочки, мм

$$S_{1p} = \frac{0,41 \cdot 3200}{2 \cdot 149 \cdot 0,9 - 0,42} = 5,02 \text{ МПа}$$

Виконавча товщина стінки сорочки

$$S_{руб} \geq S_{рубp} + C,$$

де $C = C_1 + C_2 = 1 + 0,8 = 1,8$ мм

$$S_{руб} \geq 5,02 + 1,8 = 6,82 \text{ мм}.$$

Виконавчу товщину стінки сорочки приймаємо

$$S_{руб} = 8 \text{ мм}.$$

Внутрішній надлишковий тиск, що допускається

$$[P] = \frac{2 \cdot (8 - 1,8) \cdot 0,9 \cdot 149}{3200 + (8 - 1,8)} = 0,52 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності

0,42 МПа < 0,52 МПа.

Умова міцності виконується.

Розрахунок товщини стінки еліптичного днища сорочки

Розрахункова товщина стінки еліптичного днища

$$S_{1p} = \frac{P_1 \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - 0,5 \cdot P_1}$$

де R – радіус кривизни у вершині днища, мм.

$$S_{1p} = \frac{0,42 \cdot 3200}{2 \cdot 149 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,42} = 5,015 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки еліптичного днища

$$S_{\text{эруб}} \geq S_{1p} + C, \quad (\text{A.22})$$

де $C = c_1 + c_2 = 1 + 0,8 = 1,8$ мм

$$S_{\text{эруб}} \geq 5,015 + 1,8 = 6,815 \text{ мм}$$

Виконавчу стінку еліптичного днища приймаємо

$S_{\text{эруб}} = 8$ мм.

Внутрішній надлишковий тиск, що допускається

$$[P] = \frac{2 \cdot (8 - 1,8) \cdot 0,9 \cdot 149}{3200 + 0,5 \cdot (8 - 1,8)} = 0,52 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності

$$0,42 \text{ МПа} < 0,52 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.