# Вступ

Хлорид натрію - хімічна сполука NaCl, натрієва сіль соляної кислоти, хлористий натрій. Хлорид натрію відомий в побуті під назвою кухонної солі, основним компонентом якої він є. Хлорид натрію в значній кількості міститься в морській воді, створюючи її солоний смак. Зустрічається в природі у вигляді мінералу галіт (кам'яна сіль). Чистий хлорид натрію має вигляд безбарвних кристалів, але з різними домішками його колір може приймати блакитний, фіолетовий, рожевий, жовтий або сірий відтінок. У природі хлорид натрію зустрічається у вигляді мінералу Галіт, який утворює поклади кам'яної солі серед осадових гірських порід, прошарки і лінзи на берегах солоних озер і лиманів, соляні кірки в солончаках і на стінках кратерів вулканів і в сольфатарах. Величезна кількість хлориду натрію розчинено в морській воді. Світовий океан містить 4 × 1015 тонн NaCl, тобто з кожної тисячі тонн морської води можна отримати в середньому 1,3 тонни хлориду натрію. Сліди NaCl постійно містяться в атмосфері в результаті випаровування бризок морської води. В хмарах на висоті півтора кілометра 30% крапель, більших 10 мкм за розміром, містять NaCl. Також він знайдений в кристалах снігу [1].

У харчовій промисловості та кулінарії використовують хлорид натрію, чистота якого повинна бути не менше 97%. Його застосовують як смакову добавку і для консервування харчових продуктів. Такий хлорид натрію має товарну назву кухонна сіль, часом також вживаються назви харчова, столова, а також уточнення назви залежно від її походження - кам'яна, морська, і за складом добавок - йодована, фторованна і т. д. Така сіль є кристалічним сипучим продуктом з солоним смаком без присмаку, без запаху (за винятком йодованої солі), в якому не допускаються сторонні домішки, не пов'язані з методом добування солі. Крім хлориду натрію, кухонна сіль містить невелику кількість солей кальцію, магнію, калію, які надають їй гігроскопічності і жорсткості. Чим менше цих домішок в солі, тим вище її якість. Виділяють сорти: екстра, вищий, перший і другий. У кулінарії хлорид натрію споживають як найважливішу приправу. Сіль має характерний смак, без якого їжа здається людині прісною. Така особливість солі обумовлена фізіологією людини. Однак найчастіше люди споживають солі більше, ніж потрібно для фізіологічних процесів. Хлорид натрію має слабкі антисептичні властивості - 10-15% -вий вміст солі запобігає розмноженню гнильних бактерій. Цей факт обумовлює її широке застосування як консервант. Ізотонічний розчин хлориду натрію у воді (0,9%) застосовується як дезінтоксикаційну засіб, для корекції стану систем організму в разі зневоднення, як розчинник інших лікарських препаратів. Гіпертонічні розчини (10% р-н) використовують як допоміжний осмотичний діуретик при набряку головного мозку, для підняття тиску при кровотечах, в станах, що характеризуються дефіцитом іонів натрію і хлору, при отруєнні нітратом срібла, для обробки гнійних ран (місцево). В офтальмології як місцевий засіб розчин хлориду натрію має протинабрякову дію [2].

Взимку хлорид натрію, змішаний з іншими солями, піском або глиною - так звана технічна сіль - застосовується як антифриз проти ожеледиці. Нею посипають тротуари, хоча це негативно впливає на шкіряне взуття та технічний стан автотранспорту на увазі корозійних процесів. Nа-катіонні фільтри широко застосовуються в установках пом'якшення води всіх потужностей при водопідготовці. Катіонітние матеріалом на сучасних водопідготовчих установках служать в основному глауконіт, полімерні іонообмінні смоли і сульфовані вугілля. Найбільш поширені сульфокатіонні іонообмінні смоли. Регенерацію Nа-катіонних фільтрів здійснюють 6-10% -м розчином кухонної солі, в результаті катіоніт переводиться в Na-форму, регенерується. Реакції йдуть по рівняннях:

CaR2 + 2NaCl -> 2NaR + CaCl2

MgR2 + 2NaCl-> 2NaR + MgCl2

Сіль, поряд з кам'яним вугіллям, вапняками і сіркою, утворює «велику четвірку» продуктів мінеральної сировини, які є найважливішими для хімічної промисловості. З неї отримують соду, хлор, соляну кислоту, гідроксид натрію, сульфат натрію і металевий натрій. Крім цього сіль використовується також для промислового отримання легкорозчинного у воді хлорату натрію, який є засобом для знищення бур'янів. [1]

# 1. Призначення та область використання апарату.

Змішування речовин однакового та різних агрегатних станів широко використовується в хімічній технології для отримання гомогенних розчинів (рідин, газів і твердих речовин в рідинах) і рівномірних гетерогенних сумішей – емульсій (рідина-рідина), суспензій (рідина-тверді частинки) і твердих сипучих матеріалів. Методи перемішування, конструкції змішуючих пристроїв і їх робочі режими залежать від агрегатного стану і фізичних властивостей речовин, що змішуються, а також від вимог, які висуваються до отримуваної суміші. Остання може бути однофазною (розчин) чи двохфазною (іноді багатофазною). В усіх випадках змішуючий пристрій має забезпечувати отримання однорідної суміші при максимальному виробництві і мінімальних затратах енергії [3].

Ціль перемішування визначається призначенням процесу. При виготовленні емульсій для інтенсивного дроблення дисперсної фази необхідно створювати в середовищі, що перемішується, значні зрізуючи зусилля, які залежать від градієнту швидкості. В тих зонах апаратів, де градієнт швидкості має найбільше значення, проходить найбільш інтенсивне дроблення диспергованої фази [4].

У випадку гомогенізації, виготовлення суспензій, нагрівання чи охолодження гомогенного середовища ціллю перемішування є зниження концентраційних чи температурних градієнтів в об’ємі апарату [5].

При використанні змішування для інтенсифікації хімічних, теплових і дифузійних процесів в гетерогенних системах створюються кращі умови для підводу речовин в зону реакції, до границі поділу фаз чи до поверхні теплообміну[6].

Збільшення степеню турбулентності системи, що досягається при змішуванні, приводить до зменшення товщини приграничного шару, збільшенню і неперервному оновленню поверхні взаємодіючих фаз. Це викликає суттєве прискорення процесів тепло- і масообміну.

Перемішування використовують в процесах абсорбції, випарювання, екстрагування та інших процесах хімічної і біотехнологічної галузей промисловості.

Широкого розповсюдження в хімічній промисловості отримали процеси змішування в рідких та густих середовищах.

Не залежно від того, яке середовище змішується з рідиною – газ, рідина чи тверда сипуча речовина, - розрізняють два основних способи перемішування в рідких середовищах:

* Механічний – за допомогою змішувачів різних конструкцій
* Пневматичний – стисненим повітрям або інертним газом.

Також використовують змішування в трубопроводах і змушування за допомогою сопел і насосів.

В якості основних складових обладнання для механічного перемішування використовуються: корпус, привід, ущільнення, вал і мішалка[3].

Конструкція мішалки має найбільш важливе значення в роботі апарату для перемішування, в той час як тип використовуваного резервуара (посудини) також може мати значний вплив на його роботу.

У техніці застосовуються різні типи апаратів для змішування. Обсяг апаратів складає від 0,1 м3 до 2000 м3. Корпус резервуарів має звичайно вертикальну циліндричну обичайку з кришкою, на якій кріпиться привід перемішуючого механічного пристрою, і днище. Матеріалом корпусу служать сталь, алюміній, титан і їх сплав, полімерні матеріали. У апаратів, що працюють при тиску вище або нижче атмосферного, форма днища і кришки судини зазвичай еліптична. У апаратів, призначених для роботи при атмосферному тиску («під налив»), кришка і днище посудини плоскі. У апаратів з періодичною вивантаженням вузьких продуктів використовуються конічні днища. Однак конічні днища в загальному випадку ускладнюють перемішування і сприяють забиванню випускного патрубка. Недоліком конічних днищ є також значний обсяг переміщуваної рідини нижче рівня розташування мішалки. У результаті цього припинення перемішування після оголення мішалки при спорожненні резервуара викликає відкладення великої кількості осаду. Для підведення або відведення теплоти корпус апарата має теплообмінні сорочки.

Конструкція має бути простою і відповідати техніці безпеки [5].

Конструкція апарата повинна забезпечувати його надійну роботу в заданому технологічному режимі протягом заданого терміну служби. Хімічно апарати підлягають періодичним перевіркам і планово - попереджувальному ремонту [4].

# 2. Обґрунтування вибору змішувача

Найбільше розповсюдження в промисловості отримало перемішування з введенням в середовище, яке змішується, механічної енергії із зовнішнього джерела. Механічне перемішування здійснюється за допомогою змішувачів, яким надається обертовий рух або безпосередньо від електродвигуна, або через редуктор чи клиноремінну передачу. Відомі також мішалки зі зворотно-поступальним рухом, що мають привід від механічного чи електромагнітного вібратора. Процес перемішування механічними змішувачами зводиться до зовнішньої задачі гідродинаміки – обтіканню тіл потоком рідини. Механічні перемішуючі пристрої складаються з трьох основних частин: власне мішалки, валу і приводу. Мішалка – робочий елемент приладу, який закріпляється на горизонтальному, вертикальному чи нахиленому валу. Привід може бути здійсненим або безпосередньо від електродвигуна (для швидкохідних змішувачів), або через редуктор чи клиноремінну передачу. [3]

По влаштуванню лопатей вирізняють змішувачі лопастні, пропелерні, турбінні, якірні, клітяні та інші. По типу створюваного мішалкою потоку рідини в апараті розрізняють змішувачі, що забезпечують переважно тангенціальну, радіальну і осьову течії. При тангенціальній течії рідина в апараті рухається переважно по концентричним колам, які паралельні площині обертання мішалки. Змішування відбувається за рахунок вихорів, які виникають на краях мішалки. Якість перемішування буде найгіршою, якщо швидкість обертання рідини буде рівною швидкості обертання мішалки. Радіальна течія характеризується направленим рухом рідини від мішалки до стінок апарату перпендикулярно осі обертання мішалки.[6]

В промислових апаратах з мішалками можливі різноманітні поєднання цих основних типів течій. Тип створюваної течії, а також конструктивні особливості змішувачів визначають області їх використання у промисловості. При високих швидкостях обертання мішалок рідина, яка перемішується, втягується в круговий рух і навколо валу утворюється воронка, глибина якої збільшується зі зростанням числа обертів і зменшенням густини і в’язкості середовища. Для запобігання утворення воронки в апараті розміщують відбивні перегородки, які, крім цього, сприяють виникненню вихорів і збільшенню турбулентності системи. Утворенню воронки можна запобігти і при повному заповненні рідиною апарату, тобто при відсутності повітряного проміжку між рідиною що перемішується і кришкою апарату, а також при встановленні валу змішувача ексцентрично до осі апарату чи використанні в апараті прямокутного перерізу. [4]

Використання відбивних перегородок, а також ексцентричне чи нахилене розташування валу змішувача призводить до збільшення потужності, що він використовує. Для забезпечення більш інтенсивного перемішування в горизонтальній і вертикальній площинах використовують турбінні мішалки.[6]

Турбінні мішалки швидкохідні, мають форму колес водяних турбін з пласкими, нахиленими чи криволінійними лопатками, що закріплені, як правило, на вертикальному валу. В апаратах з турбінними мішалками реалізуються, найчастіше, радіальні потоки рідини. [5]

При роботі змішувачів з великою кількістю обертів поряд з радіальною течією можливо виникнення тангенціальної (кругової) течії вмісту апарату і утворення воронки. В цьому випадку в апараті встановлюють відбивні перегородки.

Турбінні мішалки бувають двох типів:

* відкриті;
* закриті.

Відкриті турбінні мішалки являють собою, по суті, вдосконалену конструкцію простих лопатевих мішалок. Обертання декількох лопатей, розташованих під кутом до вертикальної площини, створює поряд з радіальними потоками осьові потоки рідини, що сприяє інтенсивному перемішуванню її у великих обсягах. Інтенсивність перемішування зростає при установці в посудині відбивних перегородок [1].

Закриті турбінні мішалки, на відміну від відкритих, створюють більш чітко виражений радіальний потік. Затрати кінетичної енергії невеликі. Закриті турбінні мішалки зазвичай встановлюють всередині направляючого апарату, який представляє собою нерухоме кільце з лопатками, вигнутими під кутом 45-90°. Закриті мішалки мають два диски з отворами в центрі для проходження рідини; диски зверху та знизу приварюються до пласких лопатей. Радіальні потоки рідини мають достатньо велику швидкість і поширюються по всьому перерізу, досягаючи найбільш віддалених точок апарату. Рідина поступає в змішувач паралельно осі валу. У колесі змішувача рідина плавно змінює напрямок від вертикального (по осі) до горизонтального (по радіусу) і викидається з колеса з великою швидкістю. При такому направленому і багаторазово повторюваному в одиницю часу русі рідини досягається швидке і ефективне перемішування її у всьому обсязі посудини [5].

Для поліпшення і прискорення перемішування (що особливо важливо в апаратах безперервної дії) застосовують турбінні мішалки з лопатями або колесами, розташованими на різній висоті. Турбінні змішувані забезпечують інтенсивне перемішування у всьому об’ємі апарату. При великих значення відношення висоти до діаметра апарату використовують багаторядні турбінні змішувачі.[3]

Потужність, яку використовують змішувачі, що працюють в апаратах з відбійними перегородками, при турбулентному режимі перемішування майже не залежить від в’язкості середовища. Тому змішувачі цього типу vможуть вільно використовуватись для сумішей, в’язкість яких під час перемішування змінюється. Турбінні мішалки широко застосовують для утворення суспензій (розмір часток для закритих мішалок може досягати 25 мм), розчинення, при проведенні хімічних реакцій, абсорбції газів та інтенсифікації теплообміну.[4]

Для перемішування в великих об’ємах (наприклад, при гомогенізації рідин в сховищах, об’єм яких досягає 2500 м3 і більше) турбінні змішувачі менш придатні, ніж пропелерні змішувачі чи сопла. В залежності від області використання турбінні мішалки зазвичай мають діаметр d = (0,15-0,65) D при відношенні висоти рівня рідини до діаметра апарату не більше двох. При більших значеннях цього відношення використовують багаторядні змішувачі. Число обертів мішалки коливається в межах 2-5 в секунду, а окружна швидкість складає 3-8 м/с [1].

Переваги турбінних мішалок:

1) швидкість перемішування і розчинення;

2) ефективне перемішування в'язких рідин;

3) придатність для безперервних процесів.

Недоліками турбінних мішалок є:

1) порівняльна складність;

2) висока вартість виготовлення;

3) малопридатні для перемішуванні у великих об’ємах

Області застосування турбінних мішалок:

1) інтенсивне перемішування і змішування рідин різної в'язкості, яка може змінюватися в широких межах;

2) тонке диспергування і швидке розчинення;

3) скаламучування осадів у рідинах, що містять 60 % і більше твердої фази (для відкритих мішалок до 60%); допустимі розміри твердих частинок: до 1,5 мм для відкритих мішалок, до 25 мм для закритих мішалок [6].

Пропелерні мішалки можуть бути безпосередньо зв’язані з електродвигуном без проміжної передачі, що знижує капіталовкладення та підвищує ККД привода. Електродвигун при цьому отримує навантаження лише після досягнення великого числа обертів, а тому не потребує запасу потужності на період пуску. Це є перевагою такого типу мішалок. Недолік пропелерних мішалок – відносно висока вартість їх виготовлення. Проектування та виготовлення пропелерної мішалки є справою складною та дорогою, тому може себе виправдати лише у випадку великих мішалок, для яких економія енергії, що витрачається на перемішування, перекриває витрати. У випадку невеликих мішалок пропелер можна виготовити спрощеним способом, наприклад шляхом вигинання або видавлювання лопатей з листового заліза.[5]

# 3 Технічна характеристика

Апарат призначений для приготування розчину NaCl

1.Номінальний об’єм, 5м3

2.Тип перемішуючого пристрою – мішалка пропелерна

3. Кількість мішалок 1

4. Кількість відбивних перегородок 0

5. Частота обертання вала мішалки 3с-1

6. Потужність електродвигуна 1,5кВт

7. Габаритні розміри:

-довжина 2330мм

-ширина 2330мм

-висота 4022мм

8. Маса 4020кг

# 4. Технологічні розрахунки

Метою розрахунку є: визначення необхідної для процесу потужності перемішування; розрахунок параметрів перемішуючого пристрою; тепловий розрахунок апарату. Вихідні дані: Температура розчину в апараті – tc = 40°C Ступінь заповнення змішувача – φ=0,7 Тиск в апраті – 0,3МПа

Тривалість змішування – τ=30хв Тип мішалки – турбінна/пропелерна Число обертів мішалки – n=3c-1

# **4.1. Вибір початкових даних**

4.1.1 Густину розчину NaCl за умовою: ρ = 1150 кг/м3

4.1.2 Динамічна в'язкість розчину NaCl за умовою: μ = 0,9·10-3 Па·с

4.1.3 Теплоємність розчину NaCl: с = 3,396 кДж/кг

4.1.5 Теплопровідність розчинів NaCl: λ = 0,579 Вт/м·К

**Для 21-% розчину Nacl при 18 °С:**

Для нагрівання розчину у реакторі і для інтенсифікації процесу перемішування, необхідно встановити сорочкову поверхню нагрівання із спіральною перегородкою, що утворює спіральні канали з кроком 0,25 м і перерізом 0,25 м ×0,03 м.

# 4.2. Вибір типу мішалки і конструкції апарата з перемішуючим пристроєм

Повний об’єм апарату можна визначити за рівнянням [9]

 (4.1)

де  - коефіцієнт заповнення змішувача. при *=0,7* (вихідні дані) повний об’єм апарату:



За ГОСТ 20680-2002, який замінив ГОСТ 20680-75, обираємо апарат з еліптичним днищем і еліптичною кришкою (тип 0), з гладкою сорочкою (тип 01). Внутрішній діаметр апарату D = 1800 мм, висота апарату H = 2230 мм [9].

Розміри мішалки визначаємо за співвідношеннями, що наведені в таблиці нижче.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип мішалки | Основні параметри | Тип мішалки | Основні параметри |
| Турбінна | *D/dM = 3÷4;*  *hM/dM = 0,2;*  *h/dM = 0,4÷1;*  *l/dM = 0.25;*  *b/dM = 0,1;*  *ξM = 8,4* | Пропелерна | *D/dM = 3÷4;*  *h/dM = 0,4÷1;*  *b/dM = 0,1;*  *ξM = 0,56* |

Табл. 2. Основні співвідношення розмірів перемішуючого пристрою (турбінної/пропелерної мішалки) [9]

Виходячи з данних таблиці, знаходимо [9]:

*D/dм=1,4÷1,*7, звідки:

а) Для турбінної мішалки:

 (4.2)

Знайдене значення діаметра мішалки  округляємо до стандартного і приймаємо dм = 500мм.

Інші розміри, що віднесені до діаметра мішалки, знаходимо за стандартним значенням .

* *hм /dм = 0,2*, звідси

*hM = dM·0.2 = 100 мм* (4.3)

* *h/dм=0,4÷1,0*, звідси

*h = dм(0,4÷1,0) = 500·(0,4÷1,0) = 200÷500 мм* (4.4)

Приймаємо *h=400 мм*

* *l/dM = 0.25*, звідси

*l = dМ·0,25 = 125 мм* (4.5)

* *b/dм = 0,1*, звідси

*b = dм·0,1 = 50 мм* (4.6)

* *ξM = 8,4*

б) Для пропелерної мішалки:

 (4.7)

Знайдене значення діаметра мішалки  округляємо до стандартного і приймаємо *dм = 500мм*.

Інші розміри, що віднесені до діаметра мішалки, знаходимо за стандартним значенням .

* *h/dм=0,4÷1,0*, звідси

*h = dм(0,4÷1,0) = 500·(0,4÷1,0) = 200÷500 мм* (4.8)

Приймаємо *h=400 мм*

* *b/dм = 0,1*, звідси

*b = dм·0,1 = 50 мм* (4.9)

* *ξM = 0,56*

Визначаємо висоту рідини в реакторі за формулою [9]:

; (4.10)

Де *Нц* – висота рідини в циліндричній частині корпуса, *hв* – висота циліндричної частини днища, *h1* – висота еліптичної частини днища.

За ГОСТ 6533-78 обираємо днище з внутрішнім діаметром *D = 1800 мм*, об’ємом опуклої частини *Vд = 0,86 м3*, площею поверхні *Fд = 3,74 м2*.

Тоді, для знаходженні рівня висоти рідини в апараті формула набуває такого вигляду:

*Нр = h1 + 4(Vр – Vд)/πD2 = 0,45 + 4·(3,5 – 0,86)/(3,14·1,82) = 1,48 м ≈ 1,5 м*

# 4.3 Розрахунок перемішуючого пристрою

Визначення глибини воронки в апараті :

Знаходимо значення критерію Рейнольдса - *Reвідц* [9]

 (4.11)



де  - густина розчину;  - динамічна в’язкість розчину.

В процесі перемішування (вільна поверхня) рідини утворює воронку, глибина якої залежить від гідродинамічного режиму, створеного в реакторі без перегородок. Цей режим характеризується допоміжними параметрами  [9]. Визначаємо параметр висоти завантаження  апарата реактора за формулою [9]:

 (4.12)



Знаходимо параметр гідравлічного опору мішалки *Е* за формулою [9]:

, (4.13)

Для турбінної мішалки:



Для пропелерної мішалки:



де  коефіцієнт гідравлічного опору мішалки;

 кількість мішалок на одному валу.

 – кількість мішалок на валу.

За графіком параметру розподілення швидкості , виходячи зі значення *Етурб=0,029*, знаходимо значення *Ψ=-0,5*, та *Епроп=0,438*, знаходимо значення *Ψ=1,5*,

*Втурб*=14, *Впроп*=3. Тоді висота воронки [9]:

 (4.14)





Висота рівня мішалки *h=50мм* [9]

Гранично допустима висота воронки [9]:

 (4.15)

Отже, так як висота воронки набагато менша за гранично допустиму, то перегородки встановлювати не треба.

# 4.4 Розрахунок потужності, що необхідна для забезпечення процесу перемішування

[9] Потужність, що витрачається на перемішування визначають за формулою:

, (4.16)

де  коефіцієнт потужності, який знаходять за графіками.

З графіка: *KNтурб= 6* та *KNпроп= 0,8* при *Reцент=9,9·105*





# 4.5. Розрахунок потужності привода мішалки

При розрахунку потужності привода мішалки необхідно врахувати потужність, що витрачається в ущільненні валу мішалки та на подолання опору внутрішніх пристроїв реактора. Потужність, що витрачається на тертя в ущільненнях вала мішалки залежить від діаметра вала dв в місці ущільнення. Для вибору торцевого ущільнення визначимо діаметр валу змішувача: За ГОСТ 6533-78 для реакторів з еліптичними кришками для реактора *Vн=5м3 dв=50мм*. [3]

Торцеве ущільнення обираємо тому, що воно має високу герметичність у порівнянні з аналогами, велика увага приділяється. Торцеве ущільнення має високий ККД, високу зносостійкість, довговічність, добре працює при наявності биття вала. Тип ущільнення Т1 (ТТ) - подвійне з термічним затвором Потужність, яка втрачається у подвійному торцевому ущільненні [9]:

 (4.17)



 (4.18)

Так як апарат без перегородок, то Kn=1,25 [9].

Коефіцієнт висоти рівня рідини у апараті [9]:

 (4.19)

∑ki = 1,1(термометр)+1,1(пристрій для вимірювання рівня рідини)=2,2.

За цими даними маємо, що робоча потужність дорівнює [9]:

 (4.20)





Тоді потужність електродвигуна:

 (4.21)





де *η* - ККД приводу змішувача, η = 0,8 - 0,9.

Обирається найближчий стандартний електродвигун (Додаток Г) з потужністю 11 кВт для турбінної мішалки, і 1,5 кВт для пропелерної, при частоті обертання вала *n=3с-1*. Оскільки пропелерна мішалка має потужність1,5 кВт, обираємо апарат з пропелерною мішалкою.

# 4.6. Тепловий баланс та розрахунок поверхні теплообміну

Для підтримування в апараті теплового режима у сорочку подається гарячий теплоносій. Розраховуємо кількість теплоти, що поглинається при нагріванні розчину і реактора

 (4.22)

де  (4.23)

*ma, mp* – маса апарату і завантажуваних у нього речовин, кг,

*ср*=3,396кДж/кг⋅К– питома теплоємність розчину при 18°С;

Для вуглецевих сталей:

# Дж/кг⋅К - питома теплоємність матеріалу реактора(сталь 12Х18Н10Т),

 (4.24)

=4020 кг

де *p* - робочий тиск в реакторі, МПа, , МПА, за умов використання подвійного торцьового ущільнення Т1.

 (4.25)

де *ρ*-густина розчину при температурі 40°С;

Тоді:



Тоді:

 (4.26)

# 4.6.1 Розрахунок середньої різниця температур при охолодженні реактора :

Температура конденсації пару при тиску 0,3 МПа – *tк = 133,9 °С*.

Різниця температур в початку та кінці процесу нагрівання:

Δ*t*б = *t*к – *t*2п  = 133,9 – 18 = 115,9 ºС (4.27)

Δ*t*м = *t*к – *t*2к  = 133,9 – 40 = 93,9 ºС (4.28)

Оскільки відношення Δ*t*б / Δ*t*м  = 115,9 / 93,9 = 1,234 < 2, тому

Середня різниця температур:

Δ*t*ср = (Δ*t*б + Δ*t*м) / 2 = (115,9 – 93,9) / 2= 104,9 ºС (4.29)

Середня температура розчину:

*t*2ср = *t*к  – Δ*t*ср = 133,9 – 104,9 = 29 ºC. (4.30)

# 4.6.2. Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарату до робочого середовища.

Величина критерію Прандтля [4]:

 (4.31)

де *μр=0,0009 Па⋅с*– коефіцієнт динамічної в’язкості розчину солі при 18°С;

*λр=* 0,579 Вт/м К- теплопровідність розчину солі при 18°С



Тепловіддача від середовища, що перемішується до стінки апарату, яка знаходиться в сорочці, характеризується рівнянням [4]:

 (4.32)

Для стійкого турбулентного режиму руху рідин всередині труб (*Re> 10000*) рекомендується наступне критеріальне рівняння:



Коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарату до розчину, що перемішується, коефіцієнт теплопровідності з довідника при 40°С [11]:



 Вт/(м2⋅К) (4.33)



# 4.6.3.Визначення коефіцієнта тепловіддачі теплоносія в сорочці

Різниця температур:

 (4.34)



У нашому випадку, ми використовуємо водяну пару як теплоносій, тоді [9]:

 (4.35)

Де значення коефіцієнта В в рівнянні беремо з таблиці.

Табл. 4. Значення коефіцієнта В в рівнянні

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Θср, о*С* | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 | 150 | 200 |
| В·10-9 | 2,64 | 8,0 | 15,5 | 27,0 | 39,0 | 68,0 | 102 | 147 | 290 | 493 |

[9]

Інтерполюючи визначаємо, що В= 244 109  при Θср=133,9 о*С*;



Коефіцієнт тепловіддачі теплоносія в сорочці знаходимо за рівнянням:  (4.36)

Коефіцієнти С і *п* знаходимо в залежності від величини добутку  [9]:



Тоді [9]:



Коефіцієнт тепловіддачі до стінки апарату від гарячого теплоносія [9]:

 (4.37)

# 4.6.4. Розрахунок термічного опору стінки апарата:

Для розрахунку термічного опору стінки апарата, необхідно визначитися з матеріалом реактора. Матеріали елементів апарату, поверхні яких контактують з робочим середовищем, в якому відбуваються стерильні біологічні процеси, (мішалка, вал, корпус, днище, кришка) повинні бути хімічно і біохімічно інертними, нетоксичними до робочого середовища (в нашому випадку - NaCl) та корозійностійкими, а також витримувати обробку дезінфікуючими засобами та стерилізацію.[10]

Одним з ліпших варінтів є харчова нержавіюча сталь 12Х18Н10Т..

Можно також використати замінник 10Х14Г14Н4Т, що використовується для деталей, що працюють в слабоагресивних середовищах, а також при температурах до 196 ° С. Коефіцієнт теплопровідності сталі 12Х18Н10Т при температурі 100 ° С .[11]

Виходячи з діаметру апарату (*dм=1800мм*) за табличними даними товщина стінки s(або ) =10мм;термічний опір стінки [9]:

 (4.38)

Коефіцієнт теплопередачі підчас нагрівання реактора буде дорівнювати [9]:

 (4.39)



Розрахуємо кількість теплоти, що віддається теплоносієм до розчину, що перемішується [9].

(4.40)

Розрахуємо складові рівняння.

Кількість теплоти, що вноситься із розчином [9]:

 (4.41)



Кількість теплоти, що надходить від процесу перемішування [9]:

 (4.42)

де - тривалість перемішування (час роботи мішалки), 



Кількість теплоти, що виноситься із продуктами перемішування [9]:

 (4.43)



Кількість теплоти, що витрачається на нагріваня апарату і розчину [9]:

Q5=41·106Дж.

Кількість теплоти, що віддається теплоносієм до розчину, що перемішується [9]:



Тоді теплота, що втрачається у навколишнє середовище [9]:

 (4.44)



Враховуючи *Qвт*р визначаємо дійсну теплоту, що віддається розчином, що перемішується до теплоносія [9]:

 (4.45)



Розрахункова поверхня теплообміну складатиме [9]:

 (4.46)

Розрахункова поверхня теплообміну менша за ту, яка викладена у ГОСТ 6533-78 для апарату з *Vн=5м3* (Fp=12м2). Тобто вибрана конструкція аппарату забезпечує процес нагрівання.

# 5. Вибір загальнозаводського обладнання

Для нашого апарату необхідно підібрати відповідний насос.

Основними типами насосів, які використовуються в хімічній технології, є відцентрові, поршневі та осьові. По необхідному напору та потужності при заданій подачі рідини вибирають насос конкретної марки. Підбираємо насос для перекачування води у реактор при температурі 180С. Витрата води . [13]

Для апарату з даним діаметром характерний надлишковий тиск, який дорівнює МПа. Геометрична висота підйому води 1,5 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 15м, на лінії нагнітання 45м. На лінії нагнітання є два відводи під кутом 1200, десять відводів під кутом 900 з радіусом повороту, рівним 6 діаметрам труби, і два нормальних вентилі. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено 2 прямоточних вентилі, є чотири відводи під кутом 900 з радіусом повороту, рівним шести діаметрам труби. [13]

# 5.1. Вибір трубопроводу

Для всмоктуючого і нагнітаючого трубопроводу приймемо однакову швидкість потоку води, яка дорівнює 2 м/с. Тоді діаметр трубопроводу [13]:

 (5.1)



Вибираємо стальну трубу по ГОСТ 8733:8734 з зовнішнім діаметром 0,06 м і товщиною стінки 3 мм. Внутрішній діаметр труби . Фактична швидкість води в трубі [13]:

 (5.2)

 м/с

Приймемо, що корозія трубопроводу незначна.

# 5.2. Визначення втрат на тертя і місцеві опори

 [13] (5.3)

[11] **Для води при температурі 18°С:**



тобто течія турбулентна. Приймемо значення абсолютної шорсткості рівним мінімальному значенню. Тоді [13]:

 (5.4)



Далі отримаємо:



Таким чином, в трубопроводі має місце змішане тертя, і розрахунок λ слід проводити по формулі [13]:

 (5.5)



Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів.

Для всмоктуючої лінії [13]:

1) Вхід у трубу (приймаємо з округленними краями):



2) Прямоточні вентилі:





Інтерполяцією знаходимо, що для



Так як розрахований

то поправочний коефіцієнт k=0,92



3) Відводи: коефіцієнт *А*=1, коефіцієнт *В*=0,09; отже



Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктуючій лінії [13]:

 (5.6)



Втрачений напір у всмоктуючій лінії знаходимо [13]:

 (5.7)



Для нагнітаючої лінії [13]:

1) Відводи під кутом 1200:



2)Відводи під кутом 900:



Нормальні вентилі:





Інтерполяцією знаходимо, що для



4) Вихід із труби:



Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітаючій лінії [13]:

 (5.8)



Втрачений напір в нагнітаючій лінії знаходимо [13]:

 (5.9)



# 5.3. Вибір насосу

Знаходимо потрібний напір насосу по формулі [13]:

 (5.10)

Такий напір забезпечується одноступінчатими відцентровими насосами. Ці насоси дуже поширені у промисловості через достатньо к.к.д., компактності і зручності комбінування з електродвигунами, тому для подальшого оглядувибираємо саме ці насоси. [13]

Корисну потужність насосу визначаємо [13]:

 (5.11)



Приймаючи для відцентрового насосу середньої продуктивності [13]:



Знайдемо потужність на валу двигуна [13]:

 (5.12)



[13] Встановлюємо, що заданим подачі і напору найбільш відповідає відцентровий насос марки Х20/53, для якого при оптимальних умовах роботи



Насос забезпечений електродвигуном марки АО2-52-2 номінальною потужністю 

Частота обертання валу 

# 5.4. Визначення граничної висоти всмоктування

Розраховуємо запас напору необхідний для запобігання кавітації [13]:

 (5.13)



[11] По таблицям тисків насиченого водяного пару знайдемо. що при 180С *р*t=2,35.103Па. Приймемо, що атмосферний тиск рівний 1.105 Па, а діаметр всмоктуючого патрубка рівний діаметру трубопроводу. Тоді за [13] знайдемо:

 (5.14)



Умова виконується.

# 6. Вимоги техніки безпеки та промислової санітарії

Вимоги безпеки для апаратів з перемішуючими пристроями.

1. Апарати для забезпечення безпеки експлуатації повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003 та ГОСТ 12.2.007 і конструкторським документам на апарат конкретного типу. Апарати, що працюють під надлишковим тиском, повинні відповідати вимогам ПБ 10-115-97.

Апарати, що працюють у вибухонебезпечних підприємствах, мають відповідати вимогам ПБ 09-170-97. [14]

1. В залежності від призначення та умов експлуатації в апаратах має бути передбаченим захист обслуговуючого персоналу від впливу наступних шкідливих і небезпечних виробничих факторів:

- підвищеного тиску робочого середовища в апараті;

- вибухів і загорянь;

- небезпечних значень електричного струму і високих потенціалів статичної електрики;

- зіткнення персоналу з рухомими і гарячими частинами апаратів;

- підвищеного шуму і вібрації.[15]

1. Апарати мають бути герметичними по відношенню до зовнішнього середовища. Ступінь герметичності апаратів, а також методи і способи їх дослідження на герметичність, слід визначати по ГОСТ 26-11-14.
2. Вали перемішуючих пристроїв апаратів, що вміщають вибухонебезпечні і шкідливі речовини, віднесені до 1-ого, 2-ого і 3-ого класів небезпеки по ГОСТ 12.1.007, повинні мати подвійні торцьові ущільнювачі або ущільнювачі інших типів, які забезпечують рівноцінну герметичність. На апаратах, які вміщують невибухонебезпечні речовини і речовини, віднесені до 4 класу небезпеки по ГОСТ 12.1.007, допускається використання одинарних торцьових, сальникових ущільнювачів і гідрозатворів. Допускається використання сальникових ущільнювачів для апаратів з вибухонебезпечними, легкозапальними і шкідливими речовинами,
3. які працюють під наливом.
4. Корпуси апаратів і їх збірні одиниці, які працюють під надлишковим тиском, повинні бути захищені від недопустимого підвищення тиску запобіжними приладами – пружинними клапанами прямої дії або запобіжними мембранами, які встановлюються безпосередньо на апараті або трубопроводів, які до нього примикають. Вказаний захист забезпечується замовником. [15]
5. Конструкція апаратів повинна забезпечувати повне звільнення від залишків робочого середовища перед їх розбиранням.
6. Апарати повинні бути забезпечені штуцерами для їх промивання і продування, для установки запобіжних пристроїв, контрольно- вимірювальних приладів і арматури. У необхідних випадках для проведення гідравлічних і пневматичних випробувань ( як у вертикальному, так і в горизонтальному положенні) повинні бути передбачені штуцери для заповнення корпусу апарату і сорочки водою, випуску залишків повітря з верхньої частини корпусу апарату, а також отвір з пробкою і заглушкою для повного зливу води після випробувань. [16]
7. Запірну і запірно-регулюючу арматуру слід встановлювати на штуцерах, безпосередньо приєднаних до посудини, або на трубопроводах, що підводять до посудини або відводять від посудини робоче середовище. Місце розміщення запірної та запірно-регулюючої арматури визначає організація - розробник технологічного процесу.
8. Порожні вали мішалок повинні мати технологічні отвори для перевірки на міцність пробним тиском, вказаним в робочих кресленнях. Після перевірки технологічні отвори повинні бути заварені.
9. Вибір електрообладнання слід здійснювати відповідно до вимог ПВЕ Правила влаштування електроустановок. Вид. 6-е, 1986.
10. Електрообладнання апаратів має відповідати вимогам ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.1, ГОСТ 14254 і ГОСТ 17494.
11. Електродвигуни апаратів повинні відключатися як з робочого місця, так і з приміщення щита управління.
12. Заземлення апаратів з електроприводами повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.2.007.0 і [ 4 ], при цьому на опорах апарату має бути передбачено два заземлюючих затиски, один з яких - резервний.
13. Передачу руху від приводу до перемішують апаратів, призначених для роботи в умовах вибухонебезпечних зон, повинні здійснювати способом, що виключає накопичення небезпечних потенціалів статичної електрики. [16]
14. Зовнішні обертові елементи апаратів , розташовані на висоті менше 2 м від рівня підлоги або обслуговуючої площадки, повинні бути огороджені. Захисні огородження повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.062.
15. 4.3.23 Огородження обслуговуючих майданчиків, розташованих на висоті більше 0,6 м, - по ГОСТ 23120 .
16. Температура зовнішніх поверхонь апаратів або кожухів теплоізоляційних покриттів, доступних дотику з робочих місць обслуговуючого персоналу, не повинна перевищувати 45°С при установці апаратів всередині виробничих приміщень і 60°С при зовнішній установці
17. Знаки безпеки і сигнальне забарвлення, які наносяться на апарати, - за ГОСТ 12.4.026.
18. Органи управління апаратами повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.064. Символи органів управління слід наносити по ГОСТ 12.04.040. [15]

# Висновок

В ході проробленої роботи було розроблено та спроектовано апарат для перемішування 21% водного розчину NaCl.

Маючи початкові данні було проведено тепловий та параметричний розрахунок. Згідно з розрахунками обрано апарат та прийняті його складові, які в подальшому були перевірені в конструктивному розрахунку. Деталі підбирались виходячи з умов їх максимальної стандартизації.

Після виконання розрахунків було виконано креслення апарату, що максимально повно розриває сутність та конструкцію апарату з мішалкою. Окрім основного креслення також виконано креслення деяких деталей. Відповідно до креслень були складені специфікації.

Розроблений апарат може бути застосований для перемішування та нагрівання або охолодження будь яких розчинів та емульсій невеликої в’язкості. За виключенням вибохо та пожежо небезпечних речовин, а також токсичних та їдких речовин, на зразок розчинів кислот та лугів.

# Перелік посилань

1. Некрасов Б. В. Основы общей химии. Т. 2. Изд. 3-е, испр. и доп., М.: Химия, 1973. — 688 с.; 270 табл.; 426 рис.; Список литературы, ссылок. С. 218
2. Кукушкин Ю. Н. Химия вокруг нас. Глава 3. Поваренная соль — М.: «Высшая школа», 1992. Хиггинс И. Биотехнология. Принципы и применение / Хиггинс И., Бест Д., Джонс Дж. // Москва - 1988 – 479.
3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Изд. 3-е. в 2-х кн: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Дытнерский Ю.И. // Москва: «Химия» – 2002. – 400.
4. Мальцев П.М. Технология бродильных производств / Мальцев П.М. // Москва: «Пищевая промышленность» - 1980. – 580.
5. Альберт Л.З. Основы пректирования химических установок: Учеб. пособие для учащихся Химко-механич. спец. Техникумов / Альберт Л.З. // Москва «Высшая школа» - 1989. – 304.
6. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах / Гельперин Н.И. // Москва: «Химия» - 1981. - 812.
7. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мішалками / Стренк Ф. Пер. с польск. под ред. Щупляка И. А. // Польша: «Химия» - 1975. — 384.
8. Ружинська Л.І. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/ Укладачі: Л.І. Ружинська, І А Буртна, В.М.Поводзинський, В.Ю. Шибецький // Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 130.
9. Соколов В.М. Аппаратура микробиологической промышленности / Соколов В.М., Яблокова М.А. // Ленинград: «Машиностроение». Ленингр. отд – е. - 1988. – 278.
10. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. // Ленинград: «Химия» - 1987. − 576.
11. [Иоффе И.Л. - Проектирование процессов и аппаратов химической технологии](http://alhimteh.ru/paht/108-ioffe-il-proektirovanie-processov-i-apparatov.html) / Иоффе И.Л. // Ленинград: Химия - 1991.— 352 .
12. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского // Москва: «Химия» - 1982. − 772.
13. ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".
14. Сегеда Д. Г. «Охрана труда в пищевой промышленности» / Сегеда Д. Г., Дашевский В. И. //. Москва: «Легкая и пищевая пром-сть» - 1983.–344.
15. Калунянц К.А. «Оборудование микробиологических производств» / К.А. Калунянц, Голгер Л.И., Балашов В.Е. // Москва: «Агропромиздат» - 1987.–398.
16. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий: СНиП // Москва: «Стройиздат» - 1972.
17. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНиП 2.04.05-85. // Москва: Cтройиздат - 1986.