

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Випускна робота
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
на тему:
Аналіз та удосконалення технологічного процесу промислового об'єкта

Виконав студент групи ТЗНС-41
спеціальність: 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
Дубовенко А.В.
Керівник: кандидат технічних наук, доцент Березницька Ю.О.

Київ 2022 р

Актуальність теми. Сучасна промислова переробка молока – це складний комплекс взаємопов’язаних хімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних, біохімічних, біотехнологічних, теплофізичних та інших трудомістких процесів. Підприємства молочної галузі оснащені сучасною переробною технікою. Раціональне використання технологічного обладнання потребує глибоких знань його особливостей. При цьому дуже важливо зберегти харчову та біологічну цінність компонентів сировини в молочних продуктах, які виготовляються.[1-3]

Незважаючи на збитковість, багато переробних підприємств не відмовляється від нього, оскільки збут молока є джерелом систематичного надходження готівкових коштів протягом календарного року. Це пов’язано з тим, що продукція молочної галузі займає важливе місце у споживанні. Частка витрат на молочні продукти становить 15% від загальних витрат на харчування, але молокопродуктовий підкомплекс АПК України знаходиться в стані кризи.

Раціональна норма річного споживання молочних продуктів у перерахунку на молоко становить 438 кг на одну людину, у тому числі молока – 182 кг, масла – 5,5; кисломолочного сиру – 7,3; сметани – 6,5; сиру твердого – 6,5; молока знежиреного та продукції з нього - 15,9 кг. Рівень споживання молочної продукції в нашій країні є явно недостатнім – в останні роки близько 210 кг (55% норми). При цьому споживання молока і молочних продуктів населенням за останні роки зменшилось майже на 40%.

Розвиток технології переробки молока і виробництва молочних продуктів визначається рівнем науково-технічного потенціалу країни та його сировинною базою. У свою чергу, впровадження нових технологій спрямоване на формування оптимального асортименту молочних продуктів, зниження витрат на їх виготовлення та реалізацію при збереженні або підвищенні рівня економічності виробництва. При цьому зазначені проблеми слід розглядати з урахуванням сьогодення країни і світової економіки в цілому.

Предмет дослідження: Аналіз та удосконалення технологічного процесу виготовлення молочної продукції

Об'єкт дослідження: ВАТ «Вінницький міський молочний завод».

Мета роботи: обґрунтування та вибір оптимальної технології очищення стічних вод на прикладі молокозаводу.

Завдання:

- оцінити технологічні процеси виготовлення молочної продукції;
- визначити основні відходи та види забруднення;
- запропонувати заходи зменшення викидів та негативного впливу на навколишнє середовище;
- навести джерела утворення стічних вод молокозаводу та їх характеристику;
- здійснити аналіз існуючих технологій очищення стічних вод молокозаводу;
- здійснити необхідні розрахунки основного та допоміжного обладнання;
- запроектувати технологічну, апаратурну схеми та креслення аеротенка-витиснювача;
- описати заходи стосовно охорони праці та довкілля, яких слід дотримуватись на станціях водоочистки.

Загальні відомості про підприємство ВАТ «Вінницький міський молочний завод»

Відкрите акціонерне товариство «Вінницький міський молочний завод» знаходиться за адресою: 21034, м. Вінниця, вул А. Іванова, 55.

Основний вид діяльності ВАТ «Вінницький міський молочний завод» – це переробка молока, яке закуповується у товаровиробників та молокоздавців, на молочну продукцію для забезпечення населення.

Предметом діяльності підприємства є виробництво цільномолочної продукції, масла тваринного, казеїну технічного, сиру.

Сировинною зоною підприємства в основному є прилеглі до заводу райони. Свою продукцію ВАТ «Вінницький міський молочний завод» збуває в межах Вінницької області.

Виробництво продукції ведеться згідно затверджених технологічних інструкцій, технічних умов.

На ВАТ «Вінницький міський молочний завод» для всіх видів молочних консерв застосовуються наступні загальні технологічні операції:

- прийомка і оцінка якості молока;
- очистка;
- охолодження (до 4-6°C) та короткочасне резервування;
- нормалізація (стандартизація);
- пастеризація молочної суміші;
- загущення.



1. Адміністративний корпус. 2. Головний виробничий корпус (цехи). 3. Котельня. 4. Компресорний цех. 5. Лабораторія. 6. Цех прийомки молока. 7. Транспортне господарство. 8. Складське приміщення. 9. Водяний резервуар. 10. Енергетичне господарство. 11. Очисні споруди. 12. КПП

Головний виробничий корпус – двоповерхова споруда з напівпідвальним приміщенням та технічним поверхом.

В напівпідвальному приміщенні розташовано тарний цех з складом тари, побутові приміщення, приймальний цех з відділом мийки автоцистерн, повітряна компресорна, цех по виробництву казеїну.

Перший поверх – цільномолочний цех по розливу молока в скляну тару (0,2 л; 0,5 л; 1,0 л) та поліетиленову плівку, склади готової продукції (камерне дозрівання та зберігання), цех розливу молока і сметани у фляги ємністю 25 і 38 літрів з відділенням мийки фляг.

Другий поверх – апаратний цех, маслоцех, сировий цех з камерами зберігання готової продукції та центральна лабораторія.

Технічний поверх обладнаний системою приточно-витяжної вентиляції та двома буферними баками для води по 30 м³ кожний.



Первинна обробка молока включає очищення його від механічних домішок, охолодження, зберігання за низької температури і транспортування.

Молокопідприємства здійснюють повторну обробку молока. При цьому його очищають на відцентрових очисниках, нормалізують за вмістом жиру, пастеризують, охолоджують і розливають у фляги або розфасовують у тару. Після такої обробки молоко дещо відрізняється від свіжовидоєного за хімічним складом, кількісним і якісним вмістом мікрофлори, біологічними та смаковими властивостями.

У виробництві швейцарського та подібних до нього сирів використовують пропіоновокислі бактерії. Проте основне значення в технології всіх сирів мають молочнокислі бактерії, тому наявність їх у молоці, призначеному для виробництва сиру, є обов'язковою.

Внесення в молоко (сире чи пастеризоване), призначене для виробництва сиру, закваски із активних рас молочнокислих бактерій забезпечує розвиток потрібної для визрівання сиру мікрофлори, тому закваски застосовують у виробництві всіх натуральних сирів. До складу заквасок входить, залежно від виду виробленого сиру, набір спеціально виділених рас і штамів молочнокислих бактерій. Закваски, виготовлені у спеціальних лабораторіях, розсилаються на виробництво в сухому або рідкому вигляді.

У сироварінні застосовують переважно закваски двох видів: для так званих малих сирів (типу голландського) і великих (типу швейцарського).

Вода відіграє ключову роль у переробці молока. Вона використовується на кожному кроці технологічних ліній, включаючи прибирання та миття, дезінфекцію, нагрівання та охолодження.

Основна частина стічних вод надходить із виробничих процесів. Забруднена вода, що використовується для санітарних потреб, сягає близько 50–80% від загальної кількості води, що споживається на молочному заводі, тоді як решта 20–50% є умовно чистою. Кількість та характеристики стічних вод значно залежать від розміру заводу, технології, що використовується, ефективності та складності методів очищення на місці, належної виробничої практики тощо. Однак введення практики може зменшити середній об'єм стічних вод у світі з 0,5–37 до 0,5–2 м³ стоку на м³ переробленого молока. На сьогодні розраховане об'ємне навантаження становить 1 м³ стоків на тону виробленого молока.

На молочних заводах великі коливання якості та кількості стічних вод є дуже проблематичними, оскільки кожен молочний продукт потребує окремої технологічної лінії. Це призводить до зміни складу молочних стоків з початком нового циклу у виробничому процесі, що перешкоджає роботі заводських очисних споруд. Крім того, зазвичай спостерігаються інтенсивні об'ємні коливання стоків у часі. Щоденні та погодинні зміни є наслідком миття обладнання та підлоги як завершального етапу в кожному технологічному циклі. Фактична концентрація забруднюючих молочних стоків коливається в широких межах залежно від профілю та потужності компанії, технології виробництва, типу використовуваного обладнання, ступеня повторного використання стічних вод, втрат сировини, поводження з відходами тощо [5].

Основним фактором об'ємного завантаження очисних споруд молокозаводів є залпові скиди, що утворюються при очищенні автоцистерн, трубопроводів або обладнання в кінці кожного циклу. У таких випадках об'єм стоків перевищує об'єм виробленого молока. В середньому скид стічних вод становить 70% від кількості прісної води, що використовується на заводі [6].

Стоки для переробки молочної продукції в основному включають молоко або молочні продукти, втрачені в технологічних циклах (пролите молоко, зіпсоване молоко, знежирене молоко та шматочки сиру); початкові культури, що використовуються у виробництві; побічні продукти процесів переробки (сироватка, молоко та сироватковий порошок); забруднення від миття молоковозів, цистерн, банок, обладнання, пляшок та підлоги; реагенти, що застосовуються в процедурах очистки на місці, охолодженні молока та молочних продуктів, для санітарних потреб, при пошкодженні обладнання або експлуатаційних проблемах; та різні добавки, що вводяться у виробництво. Втрати молока у стічних водах становлять близько 0,5–2,5% переробленого молока, але можуть зрости до 3–4% [7].

Стічні води молокопереробних підприємств належать до категорії концентрованих за органічними забруднювачами. Вони утворюються під час миття тари, технологічного обладнання, приміщень та забруднюються залишками молока, продуктами його переробки, миючими засобами тощо. Об'єм та забрудненість стічних вод залежать від профілю підприємства, що переробляє молоко. Концентрація забруднювачів стічних вод різних підприємств молочної промисловості значно коливається: хімічне споживання кисню (ХСК) - 600-8500 мгО₂/л, БСК₅ – 300-4800 мгО₂/л, загального азоту – 20-168 мг/л. Така різниця зумовлена не лише різноманітним асортиментом продукції, але й коливаннями витрат забруднення стоків протягом доби, що зумовлює необхідність встановлення усереднювачів великої ємності перед їх очищенням. В протилежному разі процес порушується внаслідок залпового скиду миючих засобів, високожирних стоків, значного коливання рН стічних вод. Діапазон змін рН – 3,6-0,4. Температура стічних вод знаходиться у межах від 16 до 33°C.

Дисперсна фаза забруднень представлена жирами, частками скоагульованого білка, в розчиненому стані містяться органічні кислоти, молочний цукор. Вміст лактози в стоках становить 0,04-0,25%, жиру – 0,01-0,15%, протеїну – 0,075-0,26%. В стічні води надходить в середньому 1,5% молочної сировини, яка переробляється на підприємстві.

Відношення БСК₅/ХСК стічних вод молокозаводу становить 0,63. Співвідношення БСК:N:P=100:5:0,9, що зумовлює високу ефективність біохімічного очищення.

Співвідношення вуглецю та азоту в стоках молочних підприємств складає 7-8, це, напевно, внаслідок високого вмісту жиру. Співвідношення C/N в субстратах понад 6 оптимальне для проведення анаеробної ферментації.

Стічні води молокопереробних підприємств належать до концентрованих, тому використовувати для їх очищення стандартну технологію очищення міських стоків неможливо.

Хімічний склад стічних вод молокозаводу

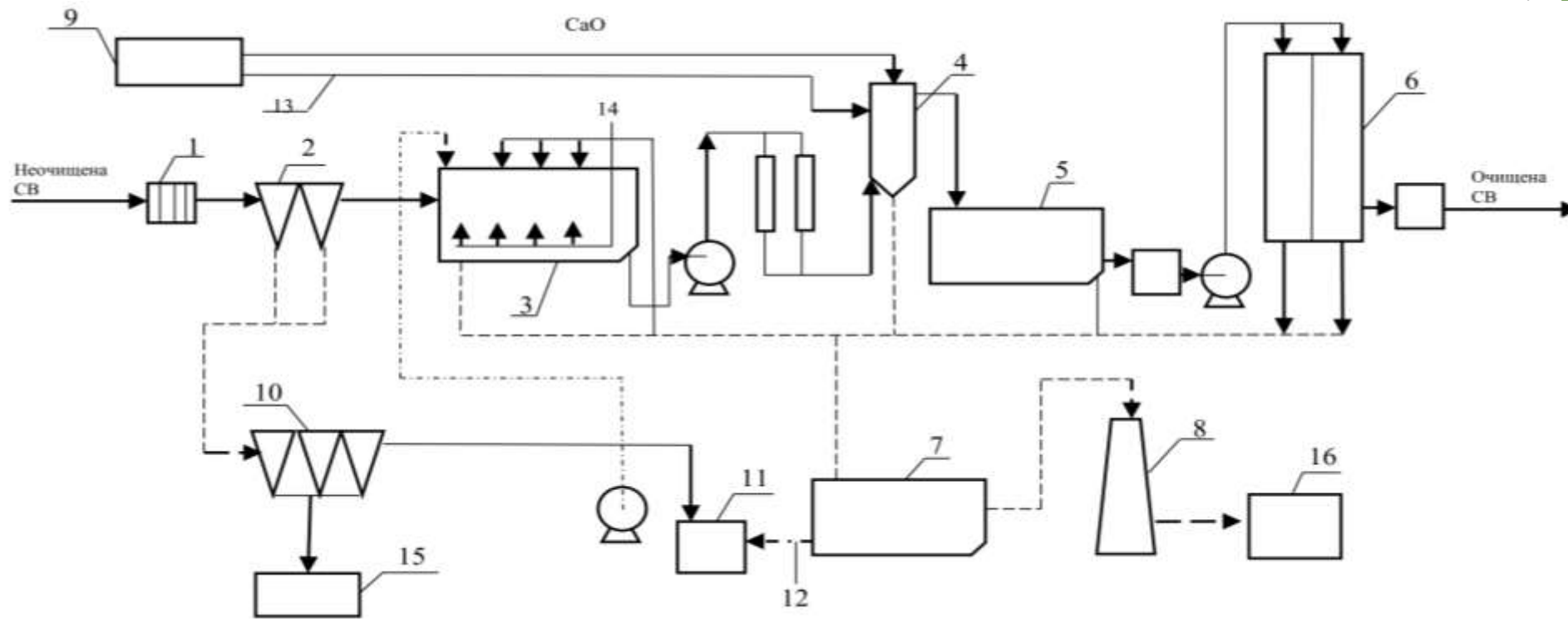
Найменування показника	Одиниці виміру	Значення показника
Зважені речовини	Мг/л	350
БСК	Мг/л	1200
Жири	Мг/л	100
Хлориди	Мг/л	150
Азот загальний	Мг/л	60
Фосфор	Мг/л	6

Якісні та кількісні характеристики стічних вод залежать від потужності молокопереробного підприємства та асортименту продукції, при цьому витрата свіжої води становить у середньому 3-12 м³/т молока.

Кількість бактерій у стічних водах традиційно характеризується таким інтегральним показником як біологічне споживання кисню (БСК). В стічних водах молокозаводів БСК доходить до значень 1800 - 2000 мг / л. Традиційні біохімічні методи очищення дозволяють очистити воду, починаючи з 600мг/л.

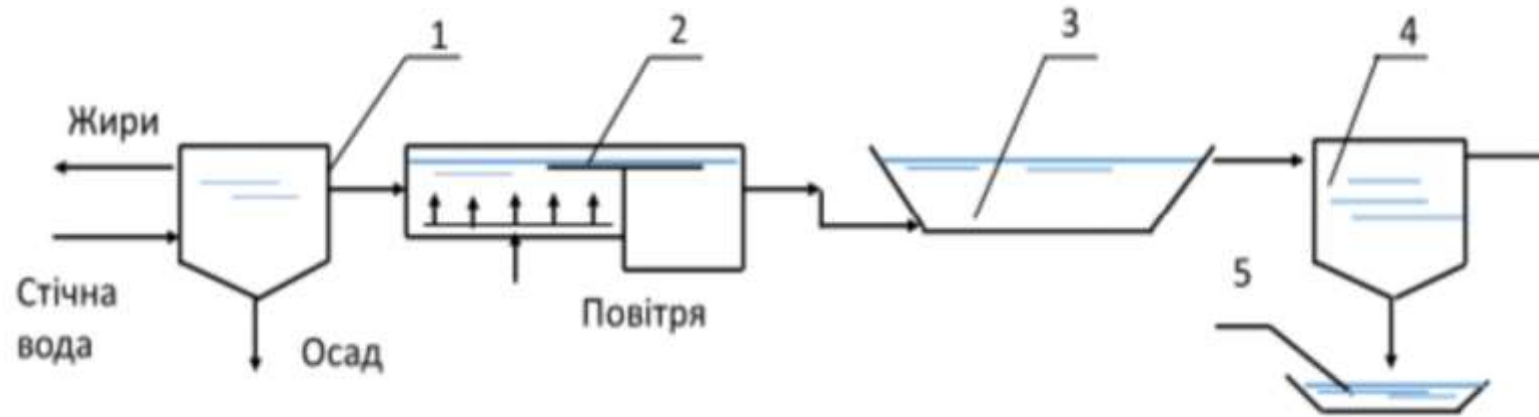
Тривале перебування стічних вод в анаеробних умовах (в каналізаційній мережі, відстійниках) обумовлює закисання рідини в результаті молочно-кислого бродіння і призводить до зниження рН.

Характеристика діючої технології очистки стічних вод та стічних вод



1 – решітка, 2 – пісковловлювачі, 3 – накопичувач-усереднювач, 4 – змішувач, 5 – відстійник. 6 – фільтри, 7 – мулоуцільнювач, 8 – фільтр-прес, 9 – реагентне господарство, 10 – бункери для піску, 11 – ємність для фільтрату (стічні води), 12 – декантат, 13 – сорбент, 14 – стиснене повітря, 15 – піскові майданчики, 16 – осад на утилізацію

Технологія очищення стічних вод молокозаводу методом біофільтрування



1 – блок механічного очищення (жироуловлювач, піскоуловлювач, первинний відстійник), 2 – усереднювач, 3 – затоплений біофільтр, 4 – вторинний відстійник, 5 – майданчик для підсушування осаду

В ході вибору технології очистки нами було проведено ряд розрахунків, відповідно до яких:

Максимальна годинна витрата стічних вод:

$$Q_{max} = 3,6 \times q_{max.c} = 3,6 \times 160 = 576 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м

$$L = 2,6 \text{ км} = 2600 \text{ м};$$

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у річку, складає:

$$C_{зр}^{доп} = p \times ((\gamma \times Q) / Q_{сер.c.} + 1) + C_{ф} = \\ 0,25 \times ((1 \times 26) / 0,10 + 1) + 18 = 83,3 \text{ мг/дм}^3$$

Допустиме значення БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму:

$$C_{БСК}^{доп} = (\gamma \times Q) / Q_{сер.c.} \times (C_{БСК}^н / 10^{-k \cdot t} - C_{БСК}^ф) + C_{БСК}^н / 10^{-k \cdot t} \\ = (1 \times 26) / 0,1 \times (3 / 10^{-0,085 \times 0,012} - 2,9) + 3 / 10^{-0,085 \times 0,012} = 30,8 \text{ мг/дм}^3$$

Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК_{повн} стічних вод не буде перевищувати величину:

$$C_{БСК}^{O_2} = (\gamma \times Q) / (0,4 \times Q_{сер.c.}) \times (O_{ф} - 0,4 \cdot C_{БСК}^ф - O_{min}) - O_{min} / 0,4 \\ = (1 \times 26) / (0,4 \times 0,10) \times (8 - 0,4 \times 2,9 - 6,1) - 6,1 / 0,4 = 465 \text{ мг/дм}^3$$

Стічна вода яка надходить на очищення в аеротенк проходить стадію механічного очищення, яке забезпечує зниження забруднюючих речовин на 30% і першу стадію біологічного очищення в анаеробному біореакторі, який дозволяє знизити органічні забруднення на 80-95%.

$$\text{Тоді після механічного очищення } БСК_{\text{повн}} = 9450 - 30\% = 6615 \text{ мг/дм}^3$$

$$\text{Після анаеробного біореактора } БСК_{\text{повн}} = 6615 - 93\% = 463,05 \text{ мг/дм}^3$$

Значення $БСК_{\text{повн}}$ стічних вод, які надходять в аеротенк, становить 463,05 мг/дм³. Згідно ДБН В.2.5 – 75:2013, при концентрації $БСК_{\text{повн}} 150 \text{ мг/дм}^3$).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу в зоні аерації в межах 2- 4,5 г/дм³ та значення мулового індексу 70-100 см³/г. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу: $R = a_a / (1000/J - a_a) = 2,5 / (1000/85 - 2,5) = 0,27$

де a_a – доза мулу, що дорівнює 2,5 г/дм³; J – муловий індекс, який становить 85 см³/г.

Значення R при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймається $R=0,3$.

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою: $a_p = a_a \times (1/2R + 1) = 2,5 \times (1/2 \times 0,3 + 1) = 6,7 \text{ г/дм}^3$

Концентрація органічних забруднень за $БСК_{\text{повн}}$ в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = (C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \times R) / (1 + R) = (463,05 + 15 \times 0,3) / (1 + 0,3) = 359,7 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{\text{сум,БСК}}^a$ - показник $БСК_{\text{повн}}$ стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження $БСК$ після первинного відстоювання на 15-30 %, мг/дм³;

$C_{\text{БСК}}^k$ - показник $БСК_{\text{повн}}$ в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм³. Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

$$t_a = (2,5 / \sqrt{a_a}) \times \lg L_{\text{сум}} / C_{\text{БСК}}^k = (2,5 / \sqrt{2,5}) \times \lg 359,7 / 15 = 2,1 \text{ год.}$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом становить 16,5 мг/(г х год)

Тривалість окиснення органічних забруднень становить 11 годин.

Тривалість регенерації активного мулу: $t_p = t_0 - t_a = 11 - 2,1 = 8,9 \text{ год.}$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \times t_a + t_p \times R = (1 + 0,3) \times 2,1 + 8,9 \times 0,3 = 5,4 \text{ год.}$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор становить 4,5 г/дм³

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати 632 мг/(г х добу)

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами: $W_a = (1 + R) \times t_a \times Q_{\text{max}} = (1 + 0,3) \times 2,1 \times 576 = 1572,5 \text{ м}^3$;

$$W_p = t_p \times R \times Q_{\text{max}} = 8,9 \times 0,3 \times 576 = 1538 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм становить: $W = W_a + W_p = 1572,5 + 1538 = 3110,5 \text{ м}^3$

$$\text{Об'єм однієї секції складає: } W_1 = W / N = 3110,5 / 2 = 1555 \text{ м}^3.$$

Приймається двохкоридорний аеротенк-витиснювач з 2 секціями з робочою глибиною $H = 3,2 \text{ м}$; шириною коридорів $B = 4,5 \text{ м}$.

$$\text{Довжина секції становить: } L = W / (B \times H \times N \times n_k) = 3110,5 / (4,5 \times 3,2 \times 2 \times 2) = 54 \text{ м}$$

Вторинні відстійники встановлюються для затримання надлишкового активного мулу після аеротенків. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = 4,5 \times K_{\text{відст}} \times H_{\text{з.в}} / (0,1 \times I_{\text{м}} \times a)^{0,5-0,01 \cdot at} \\ = 4,5 \times 0,4 \times 3,7 / 0,8 (0,1 \times 97 \times 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 10} = 1,4 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \times \text{год}$$

де $K_{\text{відст}}$ - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4; $H_{\text{з.в.}}$ = 3,7 м - глибина зони відстоювання, що приймається за типовим проектом, м; $I_{\text{м}}$ – фактичне значення мулового індексу, приймаємо в межах 70-100 $\text{см}^3/\text{г}$.

Приймаємо значення мулового індексу $I_{\text{м}} = 97 \text{ см}^3/\text{г}$; Приймаємо концентрацію активного мулу в аеротенку $a = 2,5 \text{ г/дм}^3$; a_t - концентрація активного мулу у воді після відстоювання $a_t = 10 \text{ мг/дм}^3$.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = Q_{\text{max}} / q = 576 / 1,4 = 411 \text{ м}^2$$

Кількість вторинних відстійників має бути не менше трьох, усі відстійники – робочі:

$$N = (F_{\text{відст.}} \times 4 \times K) / \pi D^2 = (411 \times 4 \times 1,3) / 3,14 \times 18^2 = 2,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо за типовим проектом № 902-2-87/76 3 вторинних радіальних відстійники з діаметром 18 м та глибиною 3,7 м

Висновки

Україна має одні з найкращих умов у світі для виробництва молока та молочних продуктів. Ринок молочних продуктів формується переважно під тиском рівня купівельної спроможності населення.

Підприємства молочної галузі оснащені сучасною переробною технікою. Раціональне використання технологічного обладнання потребує глибоких знань його особливостей. При цьому дуже важливо зберегти харчову та біологічну цінність компонентів сировини в молочних продуктах, які виготовляються.

Під час виконання дипломної роботи було проведено аналіз технологічної схеми виготовлення сирів та запропоновано удосконалення процесу очистки стічних вод, які утворюються. В результаті аналізу літературних джерел було обрано двоступеневу анаеробно-аеробну технологію для біологічного очищення стічних вод молочних підприємств, яка дозволяє досягти допустимих показників для скиду очищених стічних вод у річку.

Здійснено розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод та виконано розрахунки очисних споруд. Згідно розрахунків прийнято типовий проект ТП 902-2-195 двохкоридорного двохсекційного аеротенка-витиснювача з глибиною 3,2 м, шириною коридорів 4,5 і загальним об'ємом 3110 м³.

Для забезпечення оптимальних умов праці було наведено заходи щодо охорони праці та запобіганню забруднення довкілля.