

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навч.-науковий інженерно-технічний інст. ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Гавва О.М.

“ ” _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бучко Володимир Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделювання процесу освітлення пивного сусла шляхом сепарування за допомоги відцентрового сепаратора

керівник роботи Удодов Сергій Олександрович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від “09” листопада 2020 року № 935-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 15 лютого 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи учбова та науково-технічна література; фахові журнали; навчальні посібники; словники; ДСТУ ГОСТи; паспорт; технічні умови; креслення на обладнання та інше

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ, техніко-соціальне обґрунтування, порівняльний аналіз технічних та технологічних рішень процесу освітлення пивного сусла, науково-дослідна частина та узагальнення результатів, будова та принцип роботи сепаратора, розрахункова частина, підбір конструкційних матеріалів; монтаж, ремонт та експлуатація обладнання; заходи з охорони праці при експлуатації сепараторів, охорона навколишнього середовища, висновки, список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

- загальний вигляд «Сепаратора» – ф.а1 (1 аркуш); барабан – ф.а1 (1 аркуш)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 7 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат, зміст</i>		
	<i>Вступ</i>		
	<i>Техніко-соціальне обґрунтування</i>		
	<i>Порівняльний аналіз технічних та технологічних рішень процесу освітлення пивного сусла</i>		
	<i>Науково-дослідна частина та узагальнення результатів</i>		
	<i>Будова та принцип роботи сепаратора</i>		
	<i>Розрахункова частина</i>		
	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>		
	<i>Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання</i>		
	<i>Заходи з охорони праці при експлуатації сепараторів</i>		
	<i>Охорона навколишнього середовища</i>		
	<i>Висновки</i>		
	<i>Графічна частина; 2 аркуші формату А4</i>		
	<i>Подача КР на кафедру</i>		

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бучко В.С.

(прізвище та ініціали)

доц. Удодов С.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Моделювання процесу освітлення пивного сусла шляхом сепарування за допомоги відцентрового сепаратора» виконана згідно виданому завданню та присвячена теоретичному дослідженню процесу освітлення пивного сусла за допомоги відцентрового сепаратора. В роботі проведений порівняльний аналіз існуючих технічних та технологічних рішень в цьому напрямку та обраний найбільш перспективний на сьогоднішній день спосіб отримання освітлення пивного сусла за допомоги відцентрового сепаратора.

Створена математична модель процесу гідродинаміки освітлення пивного сусла та за допомоги програмного комплексу FlowVision досліджено роботу сепаратора при різних швидкостях обертання робочого органу. Виявлені вплив та залежність між собою основних факторів, що впливають на ефективність роботи обладнання.

За результатами досліджень отримані числові значення та рівняння регресії, які можуть бути використані в практиці пивоваріння, а також у проектуванні та створенні нового та удосконаленні існуючого обладнання

В роботі також здійснені необхідні розрахунки, висвітлені основні питання та вимоги щодо вибору конструкційних матеріалів, монтажу, експлуатації і ремонту обладнання, охорони праці при експлуатації обладнання та навколишнього середовища.

Ключові слова; сепаратор, освітлення, затор, пивне сусло, пиво, солод.

РЕФЕРАТ

Магистерская работа на тему: «Моделирование процесса осветнения пивного сусла путем сепарирования при помощи центробежного сепаратора» выполнена согласно выданному заданию и посвящена теоретическому исследованию процесса осветнения пивного сусла с помощью центробежного сепаратора. В работе проведен сравнительный анализ существующих технических и технологических решений в этом направлении и выбран наиболее перспективный на сегодняшний способ получения осветнения пивного сусла с помощью центробежного сепаратора.

Создана математическая модель процесса гидродинамики осветнения пивного сусла и с помощью программного комплекса FlowVision исследована работа сепаратора при различных скоростях вращения рабочего органа. Обнаружены влияние и зависимость между собой основных факторов, влияющих на эффективность работы оборудования.

По результатам исследований получены числовые значения и уравнения регрессии, которые могут быть использованы в практике пивоварения, а также в проектировании и создании нового и совершенствовании существующего оборудования

В работе также осуществлены необходимые расчеты, освещены основные вопросы и требования по выбору конструкционных материалов, монтажа, эксплуатации и ремонта оборудования, охраны труда при эксплуатации оборудования и окружающей среды.

Ключевые слова; сепаратор, осветнение, пробка, пивное сусло, пиво, солод.

SUMMARY

Master's thesis on the topic: "Modeling the process of clarification of beer wort by separation using a centrifugal separator" was performed according to the given task and is devoted to a theoretical study of the process of clarification of beer wort

using a centrifugal separator. The comparative analysis of existing technical and technological solutions in this direction is carried out in the work and the most perspective way of obtaining lighting of beer wort by means of a centrifugal separator is chosen.

A mathematical model of the process of hydrodynamics of beer wort lighting was created and the operation of the separator at different speeds of rotation of the working body was investigated with the help of the FlowVision software package. The influence and interdependence of the main factors influencing the efficiency of the equipment are revealed.

According to the research results, numerical values and regression equations are obtained, which can be used in the practice of brewing, as well as in the design and creation of new and improvement of existing equipment.

The paper also performs the necessary calculations, highlights the main issues and requirements for the selection of construction materials, installation, operation and repair of equipment, labor protection during operation of the equipment and the environment.

Keywords; separator, lighting, mash, beer wort, beer, malt.

Зміст

Анотація.....	
Вступ.....	
1. Порівняльний аналіз технічних та технологічних рішень процесу освітлення пивного сусла	
2. Науково-дослідна частина та узагальнення результатів	
2.1 Методика послідовності проведення математичного моделювання процесу гідродинаміки сусла в барабані сепаратора за допомоги програмного комплексу FlowVision:.....	
2.2 Отримання і обробка результатів дослідження.....	
2.3 Висновки.....	
3. Будова та принцип роботи сепаратора.....	
4. Розрахункова частина	
5. Підбір конструкційних матеріалів.....	
6. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання.....	
7. Заходи з охорони праці при експлуатації сепараторів.....	
8. Охорона навколишнього середовища.....	
Висновки.....	
Список використаної літератури.....	
Додатки.....	

Техніко-соціальне обґрунтування

Освітлене пивне сусло, отримане із пивного затору після його фільтрації та кип'ятіння разом із хмелем, має місце у пивоварному виробництві. В багато чому смак пива та напоїв залежить від якості полуфабрикату - затору, що надходить на переробку. З цією метою все більше вдосконалюється технологія пивоваріння та виготовлення обладнання, підвищується якість проміжкової продукції. Від цих параметрів залежить підвищення ефективності виробництва, зріст продуктивності праці, зниження собівартості продукції. Тому необхідно зазначити, що фільтрування затору – це дуже важливий процес.

На проведення процесу фільтрації, а саме на здійснення відведення відфільтрованого затору припадає лєвова частка необхідного часу для отримання сусла та пива.

Даний недолік в технології фільтрування пивного затору можливо усунути удосконалюючи вузол відведення сусла, а саме змінюючи конструкцію відвідних фільтраційних патрубків. Застосування такого рішення дає певні переваги — здатність забезпечити ефективний процес відведення, нескладність конструкції, підвищити якість продукції та покращити технологічні параметри роботи обладнання.

Дане технічне рішення дозволить вдосконалити конструкцію фільтраційного апарату, збільшити продуктивність та підвищити якість вихідного продукту без суттєвих витрат на проектування та монтаж нової конструкції. Зміна вузла відведення вихідного продукту призведе до полегшення його експлуатації і продовження терміну служби.

Вступ

Пиво — третій за популярністю напій (після води і чаю) і найпопулярніший алкогольний напій у світі. Це слабоалкогольний напій, що отримується спиртовим бродінням солодового сусла за допомогою пивних дріжджів, як правило з додаванням хмелю.

Ринок пива України є одним з найдинамічніших серед галузей харчової індустрії. Він близький до свого насичення і дається взнаки зростаюча конкуренція. Зміцнення позицій на ринку компаніями відбувається в основному за рахунок відвойовування частки у конкурентів. Загалом, спостерігається така тенденція, що сьогодні багато малих підприємств, із застарілою матеріально-технічною базою змушені залишити галузь або просто перепрофілюватися.

Скорочення виробництва невеличкими заводами помітна не лише через тиск лідерів, але іноді, і через невдалу політику керівництва підприємств.

Сьогоднішній ринок вітчизняної пивної галузі забезпечують понад 50 виробників. Але основними ігроками на ринку пивної індустрії є чотири компанії: три транснаціональні («ПАТ САН "Інбев Україна», Baltic Beverages Holding, Submiller) і одна вітчизняна — ПрАТ «Оболонь». Останні пропонують на пивному ринку понад 30 фірмових брендів і сотні найменувань пива. Разом вони контролюють до 90% ринку.

Відомими брендами компанії ПрАТ «Оболонь» на ринку є Nike, Pils, «Колекція Зіберта», «Оболонь», «Десант».

До складу ПАТ САН "Інбев Україна", що є підрозділом пивної компанії Anheuser-Busch InBev, входять три пивоварні - в Чернігові, Харкові і Миколаєві.

Іноземна шведська компанія — ВВН володіє 99,6% ПрАТ «Львівська броварня» й 91,7% ПрАТ «Славутич», куди входить Запорізький пиво-безалкогольний комбінат і запущений в 2004 році новий київський

пивоварний завод «Славутич». Компанія просуває бренди Tuborg Green, «Балтика», «Славутич», «Львівське», «Арсенал». Шведська компанія "ВВН" у 2008-2009 роках перейшла у власність концерну Carlsberg.

На сьогодні у пивну групу Submiller входять: ЗАТ «Дніпропетровський пивоварний завод «Дніпро» (99,9%), ВАТ «Пивобезалкогольний комбінат «Крим» (93,98%), ВАТ «Луганський пивоварний завод» (90,6%), ЗАТ «Фірма «Полтавпиво» (90,5%).

Сьогодні серед інших учасників ринку помітні «Пиво-безалкогольний комбінат «Радомишль», «Efes-Україна», Бердичівський пивзавод, Уманський та Тернопільський, Калушський пивзавод, Хмельницький пивзавод.. Середні обсяги виробництва кожного з цих підприємств становлять приблизно 0,4 млн. декалітрів пива на рік.

Останніми роками в умовах ринкової економіки з'явилася і ще більше розвивається ще одна тенденція в українській пиво індустрії – відродження малих пивоварень. Воно відбувається на якісно новому технічному рівні – у вигляді міні-пивоварних заводів з удосконаленою технологією та сучасним високотехнологічним автоматизованим обладнанням.

Крім того, міні-пивоварні є конкурентно-спроможними, оскільки можуть автономно функціонувати при великих промислових підприємствах нехарчового напрямку, торгівельно-розважальних центрах, готелях, ресторанах, магазинах, пансіонатах, аеропортах, вокзалах, у місцях масового відпочинку людей та ін.

Продукція міні-броварень зазвичай відрізняється підвищеною якістю та своєрідною різноманітністю. В основному – це оригінальні, елітні сорти пива з чудовими органолептичними властивостями й, що дуже суттєво, вони не містять стабілізуючих добавок, консервантів тощо. Саме тому пиво, вироблене на міні- пивоварнях, може задовольнити потреби любителів цього напою із вишуканим смаком..

1. Порівняльний аналіз технічних та технологічних рішень процесу освітлення пивного сусла

В технології пивоваріння процес освітлення пивного сусла відіграє важливу роль, оскільки від нього залежить якість готового пива, а саме: смак та прозорість.

Освітлення пивного сусла являє собою процес осадження зважених у рідині білкових часточок з наступним видаленням цього осаду.

Згідно технології приготування пивного сусла, в практиці пивоваріння знайшли широко наступні технічні рішення видалення із гарячого охмеленого сусла зважених часточок за допомоги:

- охолоджувальної тарілки;
- відстійного апарату;
- сепараторів;
- гідроциклонних апаратів.

1.1 Охолоджувальна тарілка

Одним із найстаріших та простіших технічних рішень є використання охолоджувальної тарілки /рис.1/.

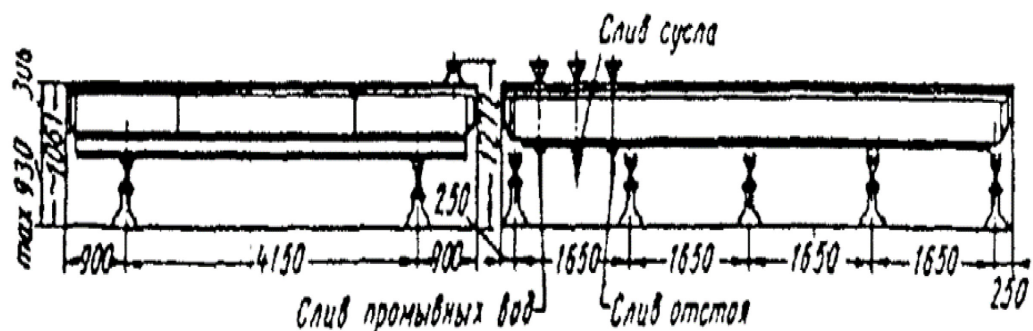


Рис.1 Охолоджувальна тарілка

Остання представляє собою плоску відкриту ємкість, в яку після кип'ятіння разом із хмелем зливається гаряче пивне сусло шаром заввишки 15-25 см. Наступні 0,5-2 годин сусло охолоджувалося за рахунок контакту із повітрям. Дуже часто, із-за неефективності охолодження, особливо в літній період року, сусло в тарілці залишали на всю ніч. Зважені часточки осідають і

тим краще, чим менше рівень рідини в тарілці. Білковий відстій після охолоджувальної тарілки містить ще велику кількість сусла, окрім того, ця частина сусла в значній мірі інфікована. Даний спосіб відійшов вже у минуле, внаслідок низької ефективності та якості продукту.

1.2 Апарат відстійний

На заміну охолоджувальній тарілці прийшов більш продуктивніший спосіб - охолодження пивного сусла у закритому апараті. Останній представляє собою ємкість з плоским днищем та забезпеченою системою охолодження у вигляді внутрішньо розташованого зміювика або зовнішньої сорочки.

На відміну від охолоджувальної тарілки, відстійний апарат герметичний, має люк, що запобігає можливому інфікуванню продукту.

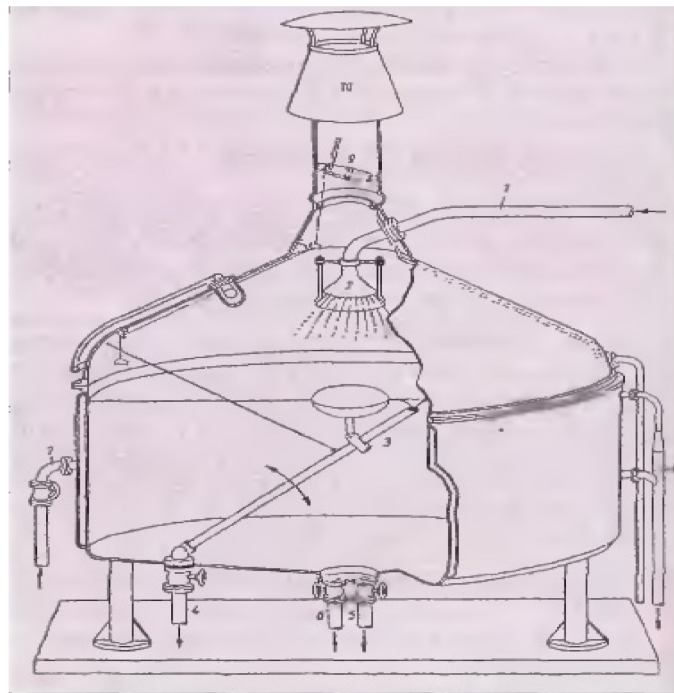


Рис. 1.2 Апарат відстійний :

1 – трубопровід для подачі охмеленого гарячого сусла; 2 – розподільчий конус; 3 – сусло приймач; 4 – відвід сусла; 5 – відвід білкового відстою; 6 – відвід води після промивки; 7 – впуск холодної води; 8 – вихід теплої води; 9 – дросельна заслінка; 10 – витяжна труба .

Гаряче пивне сусло після кип'ятіння перекачують у відстійний апарат до

висоти шару 1-2 м. В той же час по змійовику або в сорочку охолодження подається водопровідна вода. Сусло при цьому охолоджується, а холодна вода нагрівається і може далі застосовуватися як тепла вода технічних потреб.

Із-за значної висоти шару сусла зважені білкові частинки у відстійному апараті осідають гірше. Оскільки верхні шари сусла містять менше часток суспензій гарячого сусла, чим нижні, освітлене сусло відводиться з відстійного чана через поплавковий сусло приймач, який відбирає сусло з верхнього шару. Сусло, що містить зважені частинки, залишається в апараті і повинне додатково оброблятися. Дане обладнання також практично не використовується внаслідок низької продуктивності та ефективності освітлення.

1.2.1 Спосіб з безпосереднім вакуумуванням відстійного апарату.

У даному випадку після передачі гарячого пивного сусла апарат повинен герметизуватися. Розрідження у ньому створюється вакуум-насосом, ежектором або за допомоги барометричного конденсатора. Утворювана вторинна пара може скидатися в атмосферу або використовуватися на виробничі потреби для випадку використання вакуум-насоса.

У разі встановлення парового ежектора буде одержана суміш первинної та вторинної пари, а за використання барометричного конденсатора отримується нагріта вода.

Недоліком такої системи є відносна складність герметизації відстійного апарату та необхідність перевірки його міцності в разі надлишкового зовнішнього тиску, неможливість кипіння сусла по всій глибині та порушення режиму осадження білкових утворень.

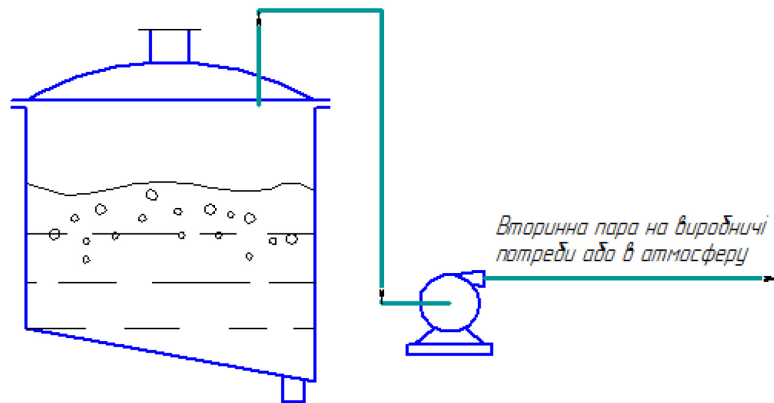


Рис. 1.2.1 Схема з безпосереднім вакуумуванням відстійного апарату.

1.2.2 Система з циркуляційним контуром і зовнішнім вакуумним пристроєм

У цій системі вакуум-охолоджувач утворює циркуляційний контур зі змієвиком, встановленим у відстійному апараті.

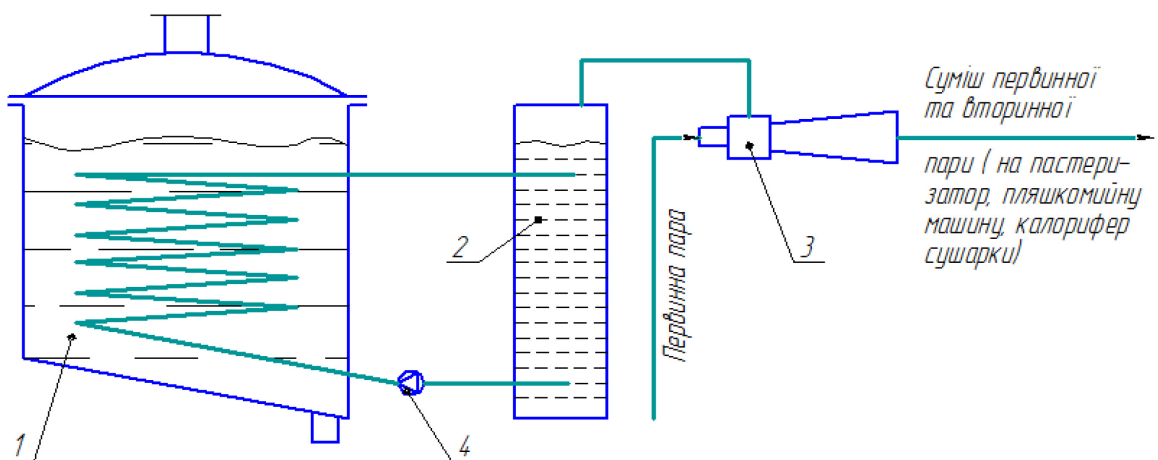


Рис. 1.2.2 Схема з циркуляційним контуром і зовнішнім вакуумним пристроєм: 1 – відстійний апарат; 2 – вакуум-охолоджувач; 3 – ежектор; 4 – насос.

В результаті, технологічні процеси у відстійному апараті абсолютно ідентичні до тих, що відбуваються в діючому обладнанні, а наявність

виносного вакуум-охолоджувача дозволяє мінімізувати його розміри та забезпечити умови міцності. Регулюванням параметрів первинної пари можливо отримати потрібну глибину розрідження та утилізувати теплоту вторинної пари.

1.2.3 Система охолодження на основі теплової труби.

У цій схемі /рис.1.2.3/ змійовиковий випаровувач 2 та трубчаста система конденсатора 3 утворюють замкнений циркуляційний контур, який заповнюється водою до рівня H .

Система вище рівня H вакуумується до величини, яка забезпечить кипіння води в змійовику по всій його висоті. Утворена водяна пара потрапляє в повітряний конденсатор.

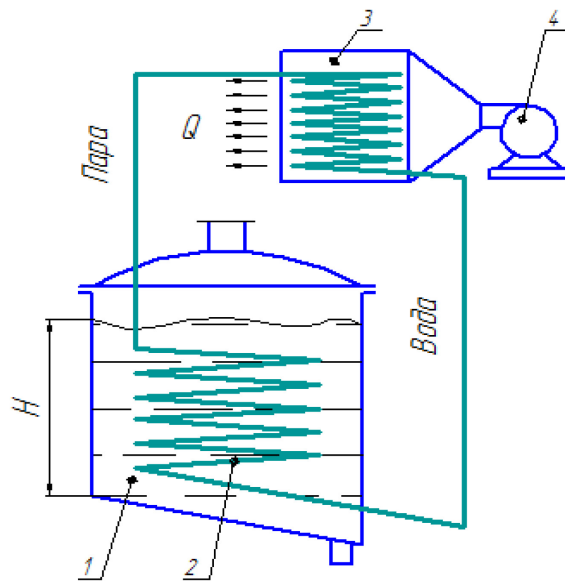


Рис. 1.2.3 Схема охолодження тепловою трубою:

1 – відстійний апарат; 2 – змійовиковий випарник; 3 – повітряний конденсатор; 4 – вентилятор.

Повітря від вентилятора конденсується і повертається під дією сил тяжіння в змійовик випаровувача.

Ймовірно, для такої системи інтенсивність кипіння води у верхній частині змішувача повинна бути більшою, ніж у нижній, тому величину N необхідно обмежувати.

При цьому температури кипіння t_k і конденсації $t_{\text{кон}}$ близькі, а умови роботи системи має вигляд:

$$t_k = t_{\text{кон}} < t_v$$

де t_v – температура повітря, що подається в конденсатор.

В осінньо-зимовий період, коли температура повітря менше 6°C , система дозволяє здійснювати повне охолодження сула, а у весняно-літній період ступінь охолодження сула практично визначається температурою зовнішнього або кондиційованого повітря.

Крім можливості керування технологічним процесом, система дозволяє утилізувати теплоту охолоджуваного сула. Відпрацьований повітряний потік може спрямуватися на обігрівання виробничих приміщень або на потреби солодового виробництва - на сушку солоду, пристрої для кондиціювання повітря для пророщування солоду тощо. Іншим важливим економічним аспектом є те, що повністю виключаються витрати води на технологічний процес.

Важливою перевагою такої конструкції є збереження позитивних якостей теплової труби. Наявність фазових переходів у випаровувачі та конденсаторі призводить до високих значень коефіцієнтів теплопередачі. Особливо це стосується конденсатора, де висока швидкість газового потоку гарантує відповідні показники коефіцієнта тепловіддачі від поверхні охолодження до повітря.

1.2.4 Система водоповітряного охолодження.

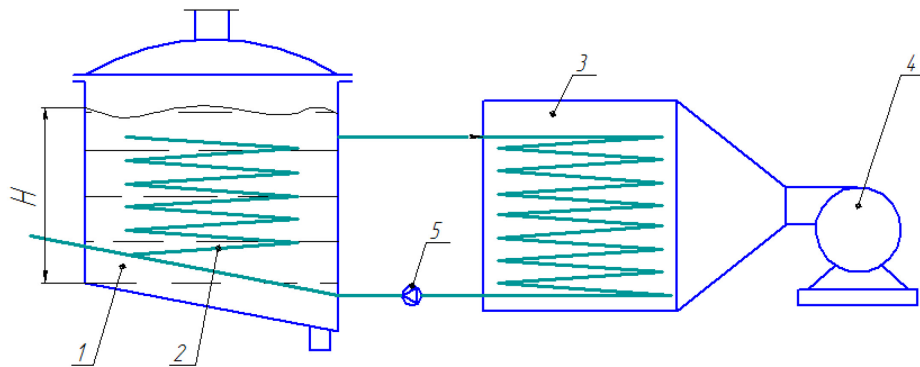


Рис. 1.2.4 Схема система водоповітряного охолодження: 1 – відстійний апарат; 2 – змійовик системи охолодження; 3 – повітряний охолоджувач; 4 – вентилятор; 5 – насос.

У системі, що пропонується, змійовик відстійного апарату з'єднується з трубчастою системою повітряного охолоджувача. Циркуляція охолоджуваної води досягається за рахунок насоса. За показниками коефіцієнтів теплопередачі дана система поступається попередній.

1.3 Сепаратори

Частинки, що знаходяться у пивному суслі у зваженому стані, декілька важчі за саме сусло і тому вони із часом осідають природним чином. Але даний процес є довготривалим і не може бути застосований на практиці, оскільки пов'язаний із потребою великої кількості ємкостей та небезпекою інфікування продукту при низьких температурах. Означені недоліки призвели до пошуку інших технічних рішень. Так, природним рішенням виявилася ідея замінити прискорення сили тяжіння у багато разів великим відцентровим прискоренням і, тим самим, істотно прискорити осадження зважених часточок. В практику пивоваріння були впроваджені сепаратори.

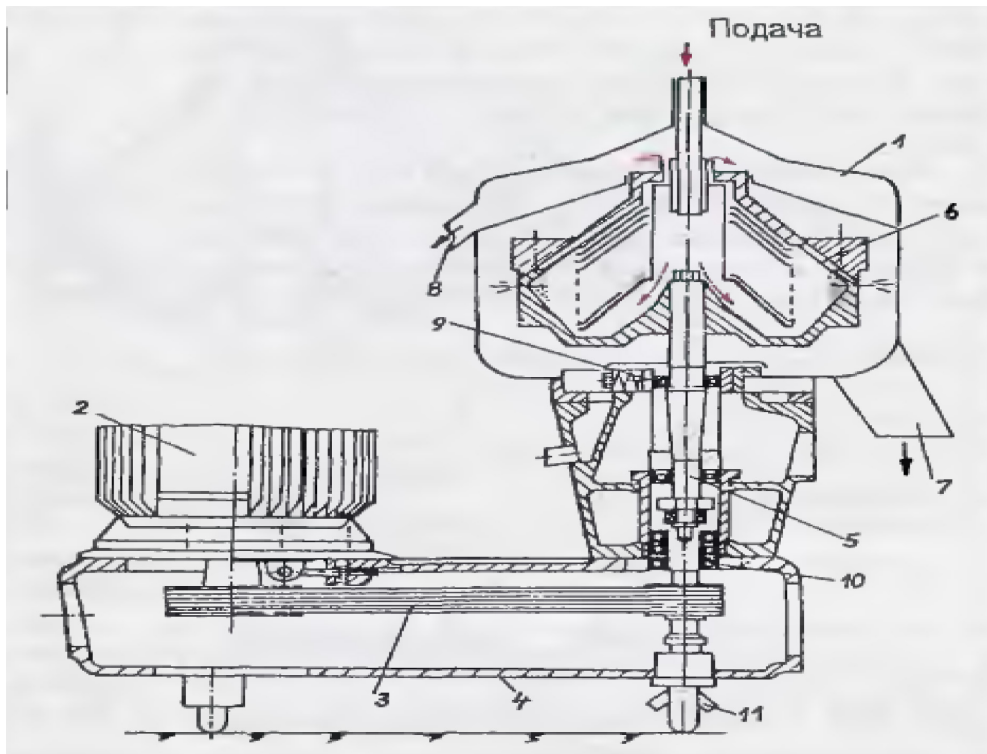


Рис. 1.3. Сепаратор (схематично):

1 — кожух барабана, 2 — приводний електродвигун, 3 — клинопасова передача, 4 — основна плита, 5 — вал барабана сепаратора, 6 — тарілчастий барабан, 7 — вивантаження твердого матеріалу, 8 — випуск сусла, 9 — проміжний підшипник, 10 — опорний підшипник, 11 — демпфер коливань.

Сепаратори складаються з нерухомої основної плити (4), яка зв'язує потужний приводний електродвигун (2) і власне сепаратор клинопасовою передачею.

Привід барабана здійснюється від валу (5), званого також шпинделем. Головним елементом є тарілчастий барабан (6) з тарілками.

Частини сепаратора (вал і тарілчастий барабан), що обертаються, повинні бути динамічно урівноважені і мають завжди бути зібраними в суворо передбаченому порядку. Не дивлячись на це виникають, особливо при запуску барабана, невідношеності (із-за допусків виготовлення, люфта підшипників, вібрації невідношеного сусла, що поступає, впливу приводу), які навантажують вал барабана і ведуть до коливань (биттю). Ці

критичні числа обертів повинні швидко проходити при запуску і гальмуванні. Явище також зменшується завдяки вживанню пружного проміжного підшипника (9) валу барабана.

Обертання сепаратора без биття є основною передумовою для його бездоганної роботи, оскільки неврівноваженість може створювати такі сили, які приведуть до поломки валу.

За допомоги сепаратора можна швидко і без ускладнень відокремити гаряче сусло від білкових часточок, і втрати по рідкій фазі при цьому відносно невеликі. А саме, складають в середньому менше 0.3%. Серед недоліків використання даного обладнання є висока вартість інвестицій і експлуатаційних витрат. Особливо це відноситься до високого споживання електроенергії, складові для приводу барабана 0,65-0,8 кВт • год/м³. Крім того, слід зазначити високу конструкційну складність машини. Тривалий час дане обладнання використовувалося у пивоварінні, поки на зміну не прийшло обладнання нового покоління – гідроциклонні апарати /Вірпул/.

Але сепаратор, як і раніше, широко використовують при видаленні суспензій холодного сусла і при освітленні пива перед фільтруванням.

Сучасний дріжджовий сепаратор типу HDA 75 06 016 (Рис.2.2) складається із станини, привідного механізму і приймально-вивідного пристрою. Дріжджова суспензія по нерухомій центральній трубі приймально-вивідного пристрою подається в обертаючий барабан і по внутрішній частині тарілки потрапляє до перефії пакету тарілок. Під дією відцентрових сил, виникаючих при обертанні барабана, осаджується основна частина дріжджових клітин. Потім суспензія іде в пакет тарілок, на внутрішніх частинах, які осаджують дріжджі, що залишились, сповзають до перефійної зони барабану. Освітлена рідина відтісняється до центру і по зовнішнім каналам тарілотримача направляється в горловину барабана, а з неї відкидається у вивідний пристрій.

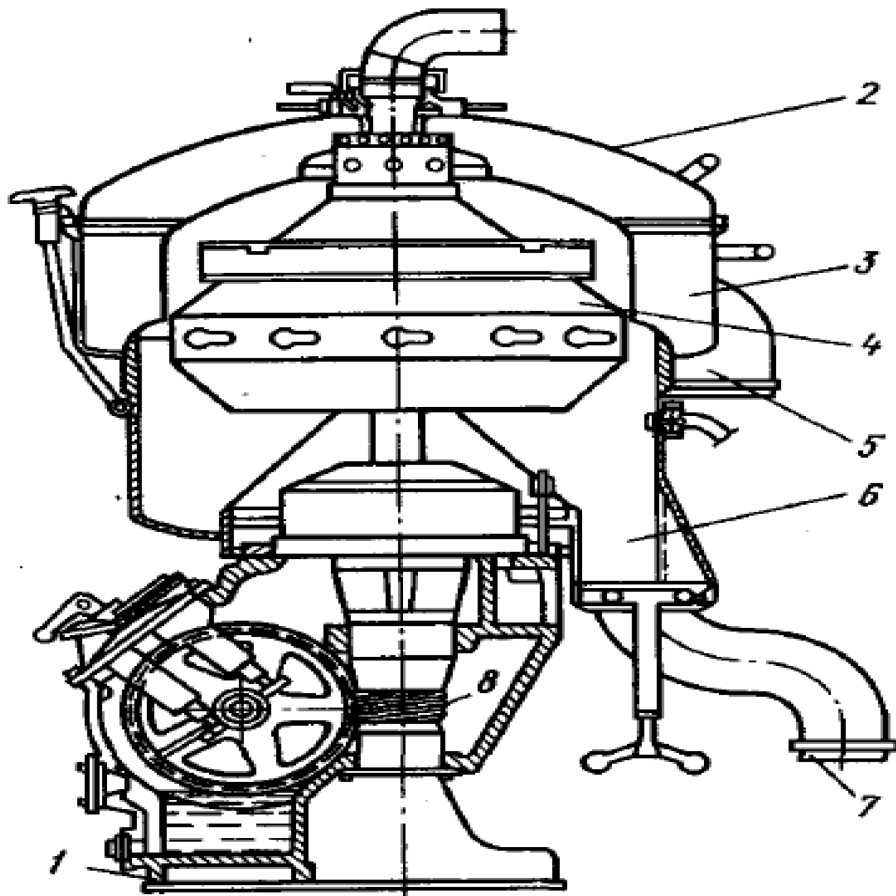


Рис. 2.2 – 2 сепаратора типу HDA 75 06 016, потужність двигуна – 45 кВт
(АТЗТ "Одеський дріжджовий завод")

Під дією гідростатичного тиску дріжджі поступають через мундштук із барабана в кільцевий приймач і у вигляді згущеної суспензії виводиться з сепаратора. Дріжджовий концентрат поступає в ємкість, де його промивають холодною водою для видалення залишків бражки, після чого дріжджі знову поступають на сепаратор. Промивку та сепарування повторюють ще два рази.

На ряді дріжджових заводів країни успішно експлуатуються сепаратори фірм «Де-Лаваль» та «Альфа-Лаваль», виробництва Швеції.

Останні (Рис.2.3, Рис.2.4) мають конструкцію приводу, аналогічну

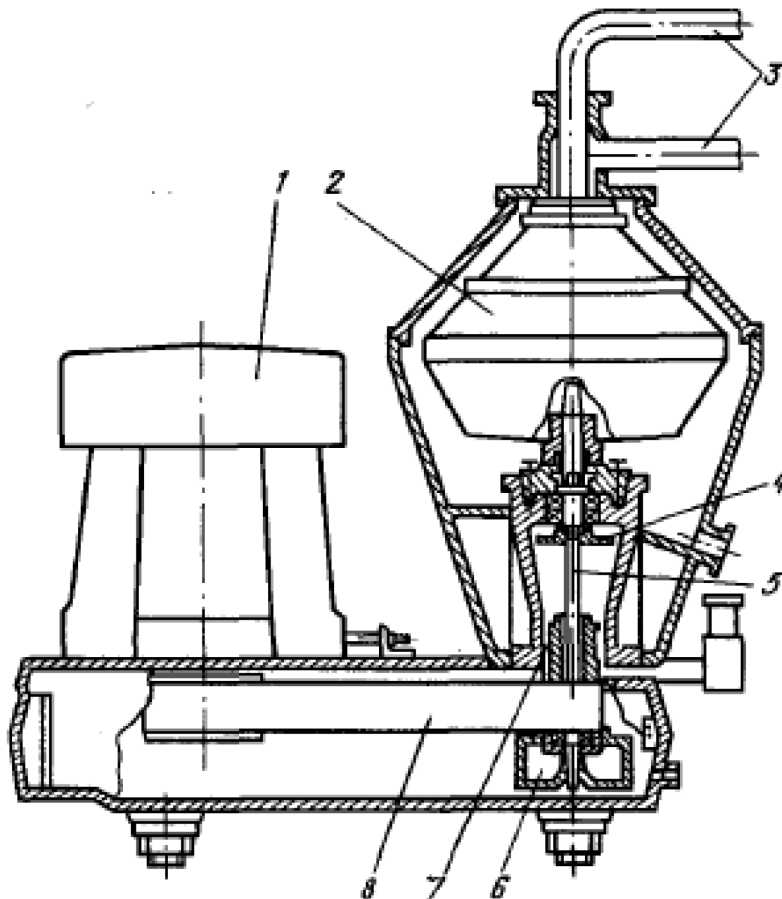


конструкціям сепараторів вітчизняного виробника.

Рисунок 2.3- Сепаратор марки FEUX фірми «Де-Лаваль».

1-станіна; 2-верхня кришка; 3-верхній збірник; 4-барабан; 5-патрубок для бражки; 6-дріжджевий збірник; 7-патрубок для дріжджового молока; 8-черв'ячна передача.

Вертикальний вал з встановленим на ньому барабані приводиться в обертання через плоско-пасову передачу напряду від електродвигуна. Відсутність редуктора набагато полегшує конструкцію приводу сепаратора, зменшує кількість підшипників кочення, що в поєднанні з невеликою



швидкістю обертання вертикального валу забезпечує надійність при експлуатації. Обертання горизонтального валу через зубчасту передачу передається вертикальному валу, на котрому закріплений барабан.

Рис. 2.4- Сепаратори фірми «Альфа-Лаваль».

1-електродвигун; 2-барабан; 3-патрубки; 4-розпилювач; 5-вертикальний вал; 6-картер; 7-сопло; 8-пасова передача

1.4 Освітлення пивного сусла за допомоги гідроциклонних апаратів

1.4.1 Флотаційний метод освітлення сусла

При способі флотації сусло перенасичується повітрям так, що кожна дріжджова клітка забезпечується повітряною бульбашкою. При цьому дрібні частинки охолодженого сусла, що не розчинилися, адсорбуються вільними бульбашками повітря і виносяться на поверхню пивного сусла.

При способі флотації (рис. 1.4.1) гаряче сусло спочатку поступає в гідроциклонний апарат 1 для видалення білкових часточок, що знаходяться ще у гарячому стані. Далі насосом 2 сусло прямує в пластинчастий теплообмінник 3 для охолодження, а потім в аераційний пристрій 5 /типу труби Вентурі/, де сусло і стерильне повітря інтенсивно змішуються при тиску 0,2 МПа, що створюється насосом 4. При цьому в сусло подається стерильне повітря в кількості 50... 100 л/гп. Після аераційного пристрою 5 сусло поступає в ємність флотації 6, де повітря разом з частинками охолодженого сусла піднімається на поверхню унаслідок зняття тиску в ємності.

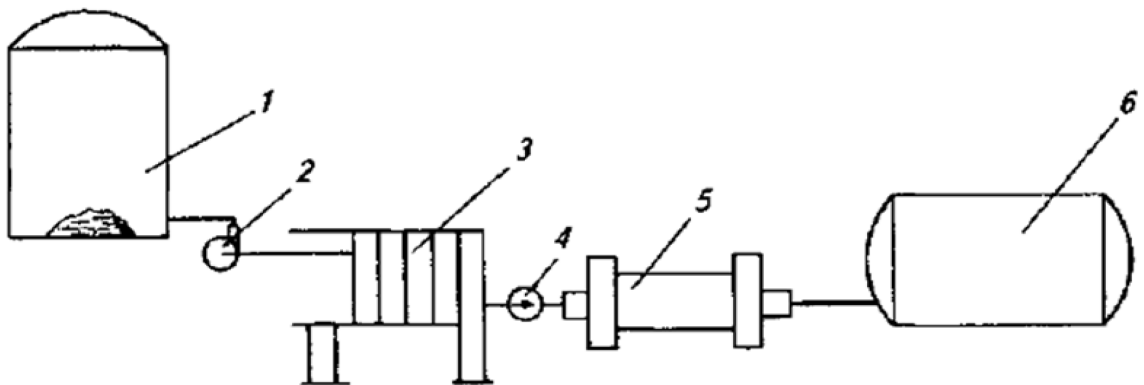


Рис. 1.4.1 Флотаційний метод освітлення сусла :

1 – гідроциклонний апарат; 2 – насос; 3 – теплообмінник; 4 – насос; 5 – аераційний пристрій; 6 – флотаційна ємність.

Дріжджі можна дозувати в сусло, а потім суміш піддавати інтенсивній аерації і далі подавати в ємність флотації. Також поширено внесення пивних дріжджів під час проведення процесу флотації.

Через 4...16 год. в ємності флотації утворюється компактна дека, після чого сусло перекачується в бродильні апарати, а дека осідає на стінках ємності і далі змивається водою. При цьому виділяється приблизно від 50 до 70%

частинок охолодженого сусла. При підборі ємкостей флотацій необхідно передбачити, щоб у міру заповнення їх сусликом для піни залишався вільний простір в межах 30% об'єму.

Способом флотації можна не лише відокремлювати суспензії охолодженого сусла, але і інтенсивно забезпечувати дріжджові клітинки киснем, що сприяє їх розмноженню і прискоренню головного бродіння.

До відділення частинок охолодженого сусла способом флотації слід застосовувати лише після здобуття у виробничих умовах готового продукту покращеної якості.

1.4.2 Гідроциклонний апарат для очищення води від важких домішок, що містить циклонну камеру із засобами для підведення та відведення води.

Відомо багато технічних рішень [14] для видалення важких домішок, які працюють на застосуванні відцентрової сили, як факторк розділення. Так, наприклад, існують конічні гідроциклони, які мають конічну та циліндричну складові частини, зливну, впускну та шламову насадки. Обертання рідини в таких циклонах викликано впуском рідини через тангенціальний патрубок, який знаходиться зверху циліндричної частини. Конічна частина циклона закінчується шламовою насадкою, через яку відводиться виділений із суспензії осад, висвітлена рідина відводиться через зливний патрубок, який знаходиться по осі циклона на його верхній кришці .

Недоліком таких апаратів є те, що вони не забезпечують повного використання енергії відцентрового поля, внаслідок недосконалого гідравлічного режиму, який формується впускним пристроєм та геометрією корпусу гідроциклону.

Найбільш близьким до оптимальної конструкції є гідроциклонний апарат для очищення стічних вод від завислих часток. Він має циліндроконічний корпус, внутрішній циліндр з конічною основою, маслоутримуючий щит та засоби для підведення та відведення рідини . Очи-

щення води досягається в ньому внаслідок дії відцентрової сили, яка відхиляє важкі завислі частки до периферії корпусу і більш забруднена частина води підіймається угору до роздільної кромки, потрапляє в нижню конусну частину корпусу і далі відводиться з гідроциклону.

Але недоліком обладнання є те, що значний рівень турбулентності вихрової течії у внутрішньому циліндрі призводить до потрапляння завислих часток в потік води, який відводиться з апарата. Також недоліком є ускладнення конструкції.

Усунення даної проблеми знайшло своє вирішення в конструкціях апаратів із циліндричними заглушеними корпусами, що розташовані горизонтально та в які підводиться і відводиться очищена рідина через тангенціальні впуски та випуски для утворення постійної закрутки течії і відцентрової сили. В самій нижній частині корпусу знаходиться повздовжній щілинний отвір. Для забезпечення відведення домішок різної щільності з урахуванням часу дії на них відцентрової сили кількість циліндричних корпусів можна приймати 2,4,6 і так далі шляхом з'єднання корпусів тангенціальними впусками та випусками щоб забезпечити циркуляційну течію в одному напрямку (за годинниковою стрілкою, або навпаки), уникнути протитечії рідини і відповідних витрат енергії.

На (рис.1.4.2.1) зображений план такого гідроциклонного апарата. Конструктивними елементами пристрою є труба, яка підводить двохфазну рідину на очищення 1, перехідний патрубков 2 до тангенціального впуску 3 в циклонну камеру, короткі циліндричні корпуси 4 розташовані поруч, паралельно один з одним, а тангенціальний підвід-відвід 5 кожного корпусу з'єднаний між собою та наступним циліндричним корпусом. Очищена рідина відводиться через тангенціальним відводом 6 та труби для відводу 7, вздовж твірної циліндрів є вузький щілинний отвір 8, з'єднаний з бункером для важких дисперсних часток 9, тверді частки відводяться з бункеру через відводячі труби бункеру з засувками 10. Збоку розташовані торцеві кришки

циклонів 11.

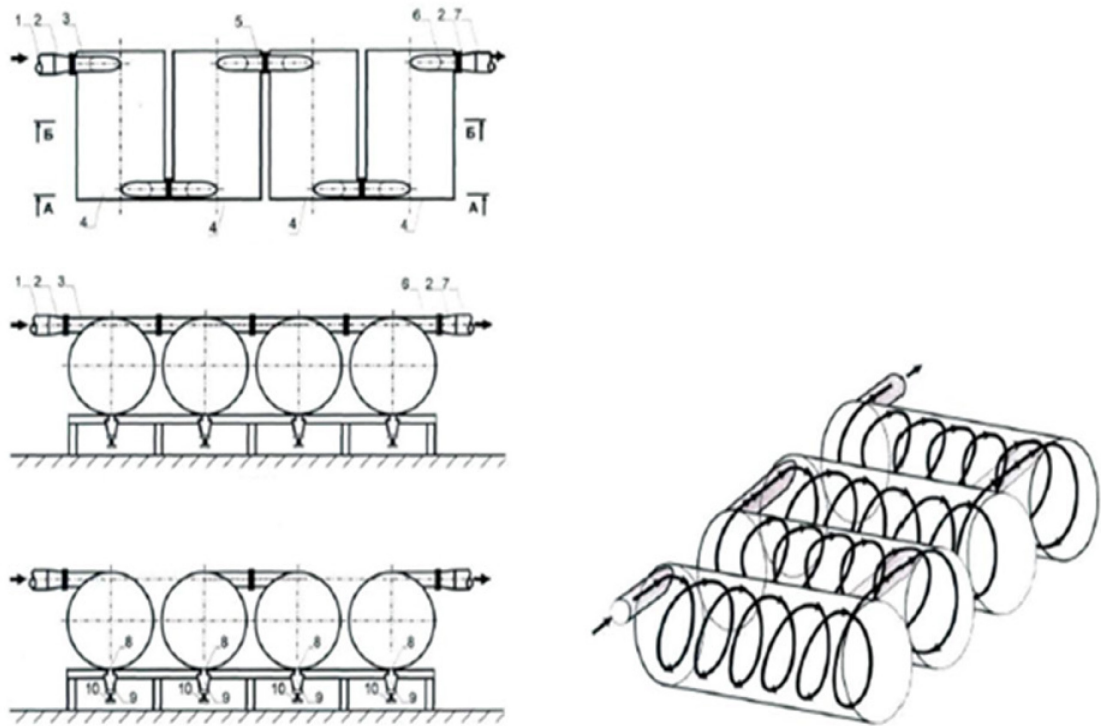


Рис.1.4.2.1 План гідроциклонного апарата

Гідроциклонний апарат працює наступним чином.

По тангенціальному підводі 3 першого циліндричного корпусу в циліндричну камеру 4 потрапляє рідина для очищення. Внаслідок тангенціального впуску потік рідини закручується, тобто придбає обертальний рух в плані та гвинтообразний вздовж осі симетрії циліндричного корпусу. Під дією відцентрової сили до внутрішньої поверхні корпусу відкидаються важкі домішки, під дією сили тяжіння вони відводяться через щілинний отвір 8 в бункер 9. Залишив більш важкі частки, потік води через тангенціальний впуск-випуск 5 між циклонними камерами потрапляє в другу циклонну камеру (при цьому обертальний рух рідини не змінює свого напрямку), де відбувається процес аналогічний тому, що був в першій циклонній камері і так далі, до останньої камери, з якої очищена рідина через тангенціальний випуск 6 по перехідному патрубку 2 потрапить до трубопроводу 7.

1.4.3 Заторно-сусловарильно-фільтраційно-гідроциклонний апарат.

Цікаве технічне рішення стосовно удосконалення процесу освітлення пивного сусла знайшло у конструкції [15] заторно-сусловарильно-фільтраційно-гідроциклонного апарату.

Поставлена задача вирішується тим, що у заторно-сусловарильно-фільтраційно-гідроциклонний апарат, що складається з вертикальної циліндричної ємності, патрубків подачі і виведення сусла, технологічного люка, пристрою для перемішування, мішалки, фільтруючої корзини з розрихлюючим пристроєм та електропривода, встановлюється парова сорочка та патрубок тангенціальної подачі сусла. Встановлення парової сорочки забезпечує плавне регулювання нагріву продукту при приготуванні затору та кип'ятінні сусла з хмелем, а патрубок тангенціальної подачі сусла дасть змогу відділяти білковий осад, шляхом кругової циркуляції сусла.

На Рис. 1.4.3.1 зображений загальний вид заторно-сусловарильно-фільтраційно-гідроциклонного апарату:

Апарат складається з циліндричної ємності 1, конічних верхнього 2 і нижнього 3 днищ, патрубків подачі продукту 4 та 15, фільтраційної корзини 5, в якій розташований розрихлюючий механізм 6, трубовал 7 якого виконаний пустотілим із встановленим в ньому рухомим валом 8, на якому закріплена мішалка 9.

Зверху апарата встановлені механізм обертового руху 10 (привід) трубо-вала 7 і рухомого валу 8, та механізм вертикально-поступального руху 11, для підйому та опускання валу 8, який механічно з'єднаний з валом 8. Апарат встановлений на опорних стійках 12 і має парову рубашку 13, теплоізоляцію 14, технологічний люк-лаз 18, зливальний патрубок 16 та патрубки відбору освітленого сусла 17.

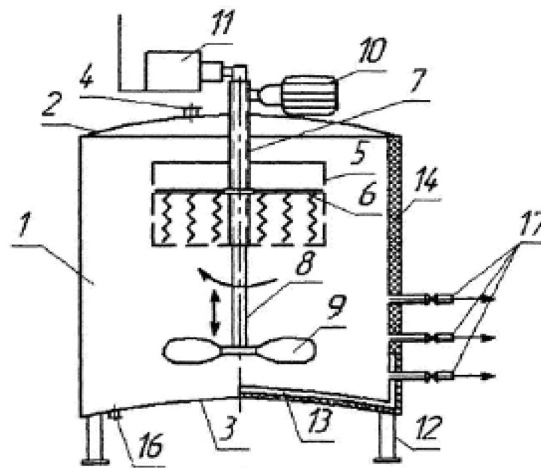
Апарат працює наступним чином. У фільтрувальну корзину 5

завантажують солод і подають воду, підігріту до потрібної температури. При цьому вмикають привід 10, який одночасно приводить в обертання мішалку 9,

яка кріпиться до валу 8 і розрихлюючий механізм 6, розташований у фільтрувальній корзині 5 та закріплений на трубо-валу 7. Відбувається процес затирання, під час якого з солодоматеріалів екстрактивні речовини переходять у підігріту воду. Після закінчення процесу оцукрення затор залишається в циліндричній ємності 1, а дробина видаляється з фільтрувальної корзини 5, в яку згодом подається хміль. Потім вмикається привід 10, який забезпечує обертання мішалки 9 в процесі кип'ятіння сусла з хмелем.

По закінченні процесу, охмелене сусло виводиться з циліндричної ємності 1 через патрубок 16, а хміль видаляється з фільтрувальної корзини 5. Відділення білкового осаду з охмеленого сусла здійснюється шляхом кругової циркуляції сусла. З цією метою вмикають механізм вертикально-поступального руху 11, який підіймає вал 8 з закріпленою на ньому мішалкою, на певну висоту, завдяки чому звільняється місце для осідання зважених частинок сусла в центральній частині днища 3.

Гаряче сусло через патрубок 15 з заданою швидкістю подається по дотичній в циліндричну ємність 1 і приводиться в тангенціальний рух, внаслідок чого зважені частинки сусла під дією сил тертя, тяжіння та відцентрової сили осаджуються в центральній частині днища 3. По закінченні процесу подачі сусла та певного часу, що відводиться на відстій осаду, освітлене сусло поступово забирають через патрубки 17. Звільнений від сусла апарат звільняють від осаду через патрубок 16.



Фиг. 1

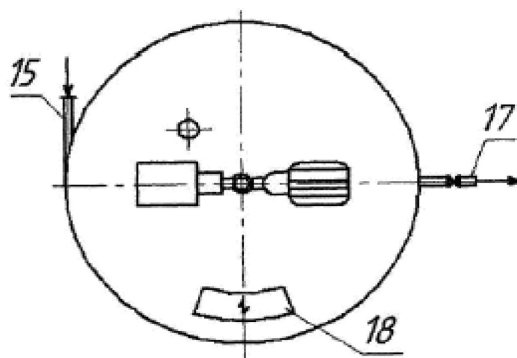


Рис. 1.4.3.1 Заторно-суловарильно-фільтраціно-гідроциклонний апарат

1.4.4 Гідроциклонний апарат.

Нове технічне рішення [16] передбачає удосконалення конструкції гідроциклонного апарату для освітлення пивного сусла з метою підвищення його продуктивності, зменшення часу осадження білкового відстою, а тим саме прискорення процесу освітлення пивного сусла за рахунок забезпечення постійної швидкості подачі сусла протягом всього часу заповнення апарату.

Поставлена задача вирішується тим, що в гідроциклонний апарат, що складається з вертикальної циліндричної ємності з верхнім та нижнім конічними днищами, витяжної труби, патрубків подачі і виведення сусла, освітлення, миючого пристрою, нижнього люка для технологічного обслуговування апарату та верхнього оглядового люка для спостереження за процесом. Згідно корисної моделі по висоті апарату встановлюються

додаткові патрубки подачі сусла, вище за основний, в кількості не менше двох.

Гідроциклонний апарат нової конструкції зображений на рис 1.4.4.

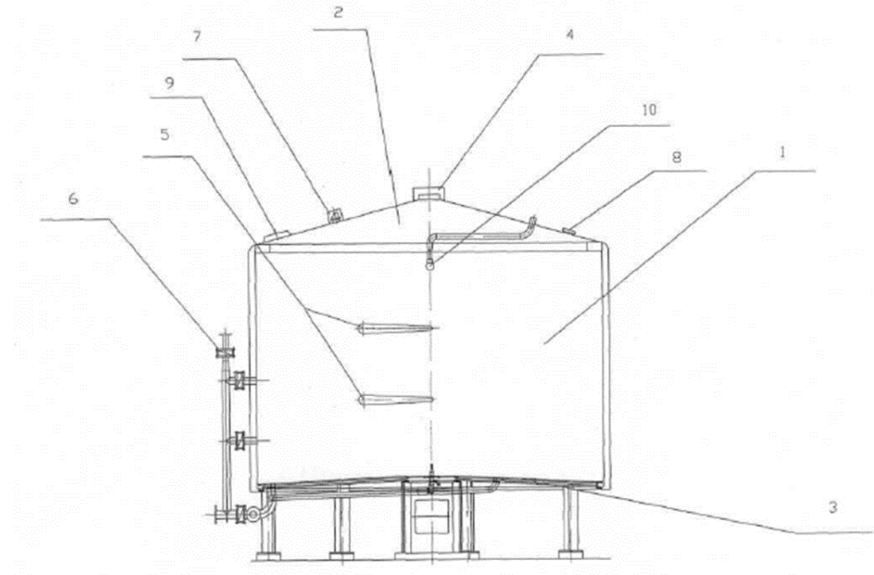


Рис. 1.4.4 Гідроциклонний апарат

Апарат складається з циліндричної ємності 1, конічних верхнього 2 і нижнього 3 днищ, витяжної труби 4, патрунків подачі сусла 5, виведення освітленого сусла 6, освітлення 7 технологічного люка 8, оглядового люка 9, миючого пристрою 10.

Гідроциклонний апарат працює наступним чином:

Гаряче сусло через нижній патрубок 4 з заданою швидкістю подається по дотичній в циліндричну ємність 2 і приводиться в обертальний рух, внаслідок чого зважені частинки сусла під дією сил тертя, тяжіння та відцентрової сили осаджуються в центральній частині днища 6. При поступовому заповненні апарату суслем на рівні, коли нижній патрубок подачі буде занурений у сусло, останній перекривається і водночас вмикається другий патрубок подачі сула, що розташований вище. Через цей патрубок відбувається подача сусла в ту частину апарата, яка ще не

заповнена сушлом. По закінченні процесу подачі сушла та певного часу, що відводиться на відстій осаду, освітлене сушло поступово забирають через патрубк 5. Звільнений від сушла апарат звільняють від осаду та ретельно його промивають за допомоги миючого пристрою 10.

1.4.5 Сушловарильно-гідроциклонний апарат

Подальші удосконалення процесу освітлення пивного сушла призвели також до винаходу технічного рішення [17] , яке дозволяє суміщення процесів кип'ятіння та освітлення пивного сушла.

Поставлена задача вирішується тим, що сушловарильно-гідроциклонний апарат оснащується паровою сорочкою для здійснення процесу кип'ятіння, встановлюється насос для здійснення циркуляції сушла по замкненому контуру, а також перемішування пивного сушла. Таким чином, досягається

зменшення часу технологічного процесу, спрощення конструкції, металоємності та вартості обладнання.

Сушловарильно-гідроциклонний апарат зображений на рис. 1.4.5.1. Він являє собою циліндричну ємність 2 зі слабokonічним ввігнутих днищем 17 та конічною кришкою 3, який встановлений на стійки 7 та 8. Оснащений паровою сорочкою 1 для кип'ятіння пивного сушла та теплоізоляцією 4, оглядовим люком 12, миючими форсунками 10 та 9 для чистки апарату та патрубками подачі 15 та відведення 16 сушла.

Апарат працює наступним чином:

Сушло подається до апарату через тангенційно встановлений патрубок 15, що сприяє одночасно процесу освітлення та перемішування. Через патрубок 19 подається нагріта пара, за допомогою якої сушло підігрівається і закипає. Патрубок 18 служить для відведення конденсату з парової сорочки. Циркуляція сушла здійснюється за допомогою насоса, який відбирає сушло через патрубок 5. Пара, що утворюється в процесі кипіння сушла, відводиться

з апарату через патрубок 11, встановлений по центру кришки 3. Після закінчення процесів кип'ятіння та освітлення сушло відбирається через патрубки 16, які встановлені на різних рівнях. По закінченню технологічного процесу чистку ємності та видалення осаду, що утворився, проводять за допомогою нижньої 9 та верхньої 10 форсунок, до яких, через патрубки 14 та 13, подається миючий розчин або вода. Патрубок 6 призначений для видалення миючих засобів.

Використовування такої конструкції, як передбачають автори розробки, забезпечить суміщення двох технологічних процесів, що скоротить витрати часу, металоємності та вартості, а також спрощення конструкції.

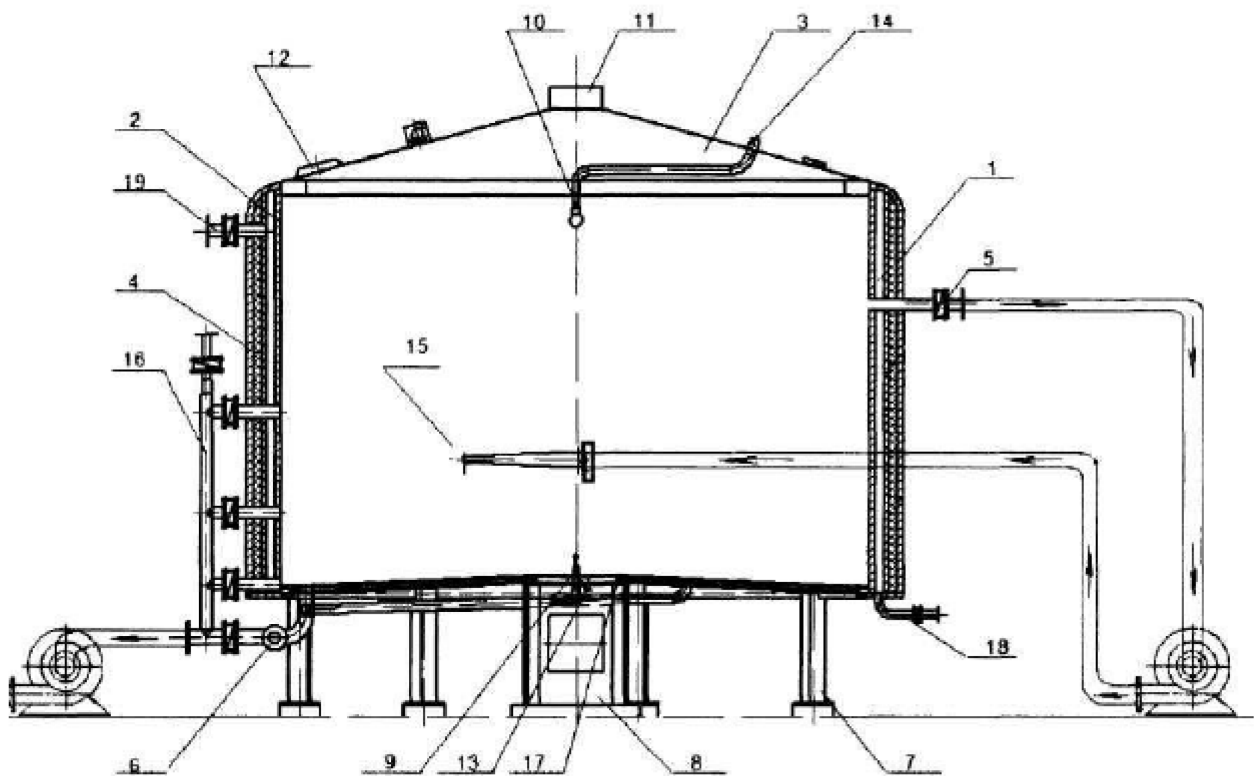


Рис. 1.4.5.1 Сушловарильно-гідроциклонний апарат

1.4.6 Установа для освітлення пивного сушла

Установа містить ємнісний апарат з вертикальним циліндричним корпусом, сорочкою на корпусі, збірником осаду в його днищі і мішалкою-

розподільником, а також два збірника води, що охолоджує, сполучені з сорочкою апарату трубопроводами, прямоточний теплообмінник, відцентровий насос, сполучні трубопроводи, запірні арматури і датчики для виміру температури сусли в апараті, артезіанської води, що подається в теплообмінник, і води на виході з сорочки апарату. Весь процес охолодження сусли від 95 до 6°C і його освітлення здійснюється в ємкісному апараті, що забезпечує збереження стерильності сусли і повніше відділення білка. В якості проміжного хладоносія використовується артезіанська вода в кількості 2/1 по відношенню до об'єму охолоджуваного сусли, при цьому 70% теплоти сусли утилізується (йде на підігрівання води для чергового затору і миття апаратури) і лише 30% теплоти відводиться розчином розсолу.

Такі показники забезпечуються тим, що конструкція установки дозволяє змінювати напрям потоку води на різних стадіях охолодження сусли, зокрема на завершуючій стадії направляти воду по замкнутому контуру циркуляції рубашка-теплообмінник-насос-рубашка. Це дозволяє підвищити ефективність роботи.

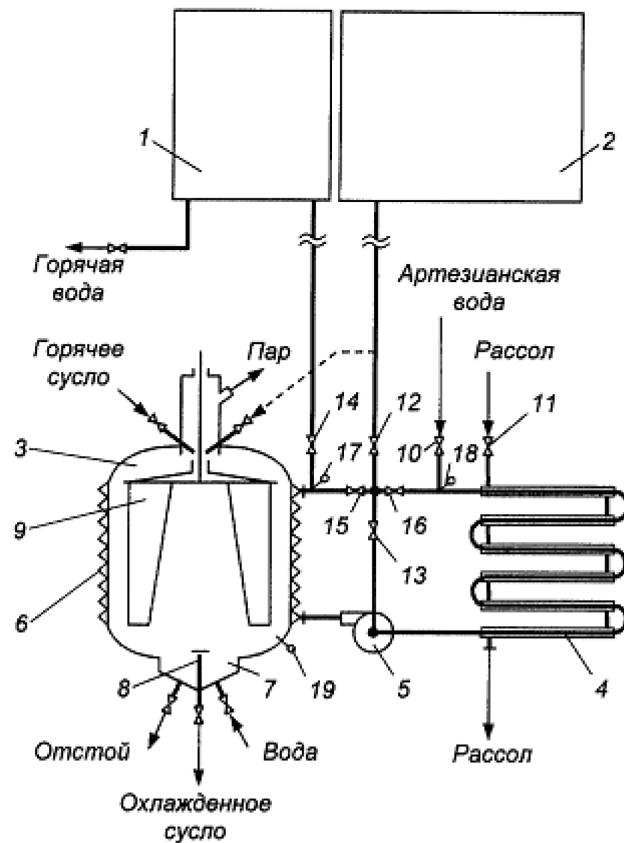


Рис. 1.4.61 Устанoвка для освiтлення сусла

Висновки.

Отже, таким чином, проаналізувавши сучасний стан технічних та технологічних рішень, що використовуються у промисловості та пропонуються різними авторами можна зробити висновок, що освітлення пивного сусла найкраще проходить у полі дії відцентрової сили.

Із різноманітних конструктивних рішень на сьогоднішній день, що зарекомендували себе самою практикою використання, виходячи із міркувань ефективності та якості продукту, представляє собою обладнання для освітлення пивного сусла за допомоги сепараторів. Тому, представляється доцільним подальше вивчення та дослідження процесу освітлення пивного сусла з метою його удосконалення.

2. Науково-дослідна частина та узагальнення результатів.

Одним з важливих факторів, від якого залежить тривалість та якість процесу освітлення охмеленого сусла за допомоги сепаратора, а отже і продуктивність обладнання – є швидкість обертання барабана сепаратора. Проблема неоднозначності вибору швидкості обертання барабана є основою досліджень даної магістерської роботи.

Дослідження полягає у визначенні швидкості руху рідини в декількох точках барабана в залежності від швидкості надходження рідини в сепаратор, що надасть можливість в подальшому визначити найбільш раціональні режимні параметри роботи сепаратора.

В ході дослідження процесів (об'єктів, явищ) може використовуватися як фізичне, так і математичне моделювання об'єктів та процесів.

Фізичне моделювання – це дослідження об'єктів (систем), процесів та явищ на фізичних моделях, при якому об'єкт, процес або явище, що досліджується, зберігає його фізичну природу, чи використовує аналогічне або інше фізичне явище.

Нажаль ми не маємо можливості проводити дослідження на основі фізичного моделювання з використанням принципу подібності. Тому запропоновано провести чисельне дослідження, що базується на використанні математичної моделі, яка являє собою систему диференціальних рівнянь, що описують той чи інший процес. В сепараторі відбувається осадження білкового осаду за рахунок того, що відцентрова сила, що виникає під час обертання тіл, у багато разів перевищує силу тяжіння, її використовують для прискорення процесу осадження.

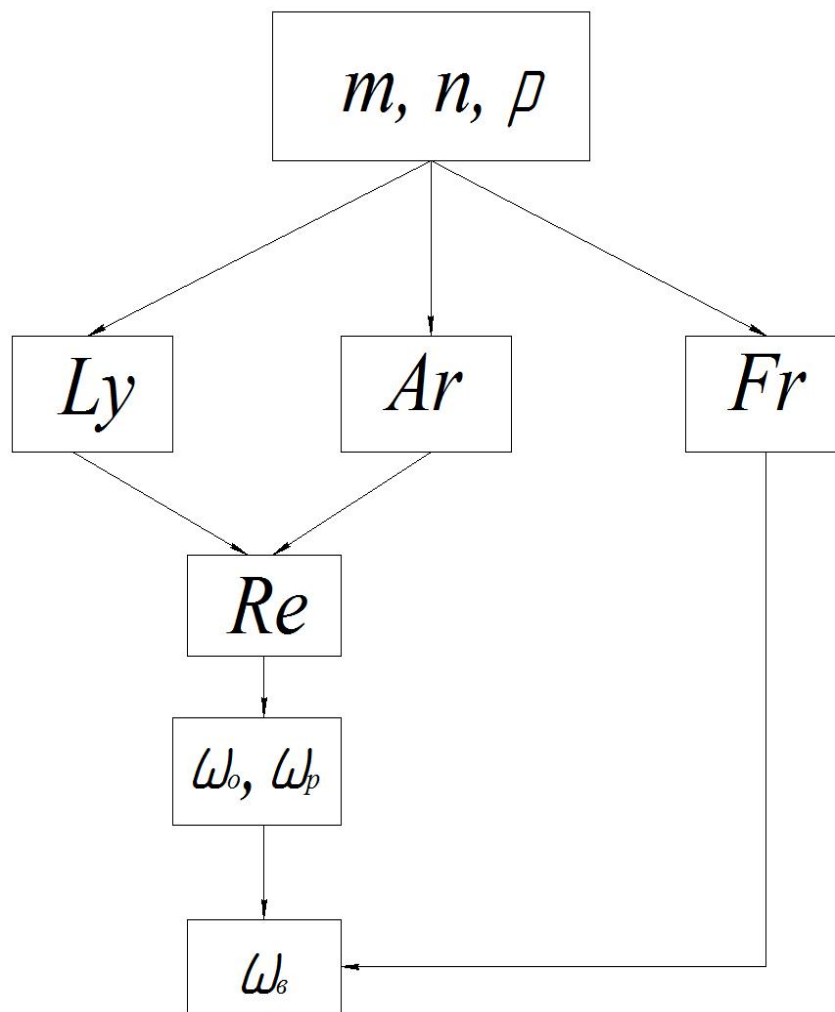
Щоб створити поле відцентрових сил, у техніці використовують два прийоми:

- 1) Потік суспензії чи емульсії подають у барабан (ротор) машини (апарата), який обертається разом з неоднорідною системою.

2) Забезпечують обертальний рух пилу (диму) чи суспензії в нерухомому корпусі апарата.

У першому випадку відбувається відцентрове осадження, а у другому – циклонний процес. Тому необхідно створити математичну модель, яка б являла собою розв'язок диференціальних рівнянь, що описують гідродинамічні процеси, які відбуваються в середині апарату.

Загальний вигляд математичної моделі процесу сепарації тивного сушла



- Ly - розрахунок швидкості осідання за методом Лященко;
- Ar – критерій Архімеда;
- Fr - критерій Фруда (фактор розділення);
- Re – критерій Рейнольдса;
- ω_0 - швидкість осідання;
- ω_p - розрахункова швидкість осідання;

Розрахунок швидкості осідання за методом Лященко:

$$Ly = \frac{0,523 \cdot g \cdot d^3 \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{v^2 \cdot \rho_2}.$$

Розрахунок швидкості осідання за функцією критерію Архімеда:

$$Ar = \frac{3}{4} \cdot \xi \cdot Re^2,$$

ξ – коефіцієнт опору.

Обчислимо критичні значення критерію Архімеда для трьох граничних величин критерію Рейнольдса, що відповідає трьом режимам руху тіла у в'язкому середовищі.

Для умов осідання в межах підлягання закону Стокса, тобто при $Re \leq 2$, коефіцієнт опору $\xi = \frac{24}{Re}$ і критичне значення критерію Архімеда

дорівнюватиме:

$$Ar_{кр} = \frac{3}{4} \cdot \xi \cdot Re^2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{24}{Re} \cdot Re^2 = 18 \cdot Re,$$

або $Ar_{кр} = 36$.

Для проміжного режиму руху, тобто при $2 < Re < 500$, $\xi = \frac{18.5}{Re^{0.6}}$ і критичне значення критерію Архімеда дорівнює:

$$Ar_{кр} = \frac{3}{4} \cdot \xi \cdot Re^2 = 84000.$$

За умов автомобельного режиму осідання, тобто при $150000 > Re > 500$,

$\xi = 0,44$ і

$$Ar_{кр} = \frac{3}{4} \cdot \xi \cdot Re^2 = 0,33 Re^2 = 0,33 \cdot 500^2,$$

$$Ar_{кр} > 84000.$$

Знаючи величину критерію Рейнольдса, можна обчислити швидкість осідання:

$$\omega_0 = \frac{Re \cdot \nu}{d}, \text{ м/с.}$$

Усі отримані рівняння цілком справедливі лише за умови, що осідаючі частинки мають форму кулі діаметром d . У практиці часто форма частинок відрізняється від кулі, що істотно впливає на процес осідання. Тому, слід внести поправку на величину швидкості осідання. Розрахункову швидкість осідання визначають за формулою:

$$\omega_p = \omega_0 \cdot \varphi,$$

де φ – коефіцієнт, що враховує форму завислих частинок (для частинок кулькоподібної форми $\varphi = 1$, а для частинок неправильної форми $\varphi < 1$).

За дослідними даними, одержаними при осіданні частинок в умовах автомобельного режиму, тобто при $Ar > 84000$, практично для частинок різної форми φ можна вважати: для округлих – 0,77, кутастих – 0,66, довгастих – 0,58, пластинчастих – 0,43.

При визначенні швидкості осідання частинок не кулькоподібної форми за лінійний розмір d потрібно обрати еквівалентний діаметр $d_{екв}$, під яким розуміють діаметр кулі, об'єм якої дорівнює об'єму частинки, виготовленої з того самого матеріалу, що і сама частинка:

$$d_{екв} = 1,24 \cdot \sqrt{\frac{m_1}{\rho_1}}, \text{ м},$$

де m_1 – маса частинки, кг, ρ_1 – густина частинки, кг/м³.

Критерій Фруда (фактор розділення):

$$Fr = \frac{\omega^2 \cdot r}{g}.$$

Процес осідання відбувається під дією відцентрової сили:

$$G_B = m \cdot a = m \cdot \frac{\omega^2 \cdot r^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r, \text{ н},$$

де m – маса частинки, кг,

a – відцентрове прискорення, м/с²,

r – радіус обертання частинки, м,

ω – кутова швидкість обертання частинки, рад/с.

$$G_B = G_T \cdot \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = G_T \cdot Fr,$$

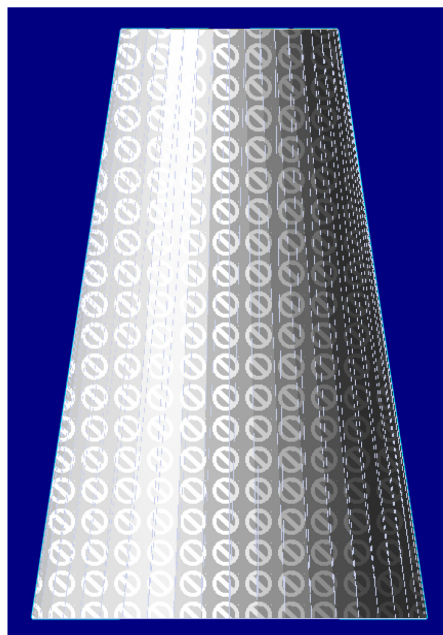
тобто відцентрова сила більша від сили тяжіння в Fr раз.

Для моделювання процесу застосовано програмний комплекс Flow Vision, в основу якого покладено чисельні методи. Останній відтворює геометрію області розрахунку без будь яких спрощень, що усуває необхідність її математичного описання. З цією метою за допомоги програми КОМПАС-3D V14 було побудоване трьохвимірне зображення барабана сепаратора і на його основі створена модель для розрахунку в програмному комплексі Flow Vision, яка являє собою внутрішній простір барабана. Використання вищезначених програмних продуктів надає можливість забезпечити при моделюванні геометричну, часову подібність, подібність фізичних величин, а також подібність початкових і граничних умов.

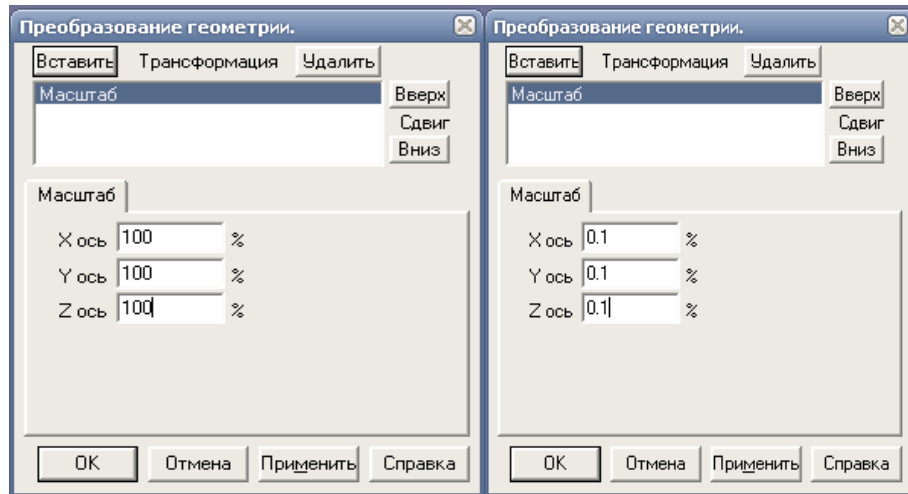
Моделювання процесу було проведено в діапазоні зміни частоти обертів барабана від 5000 до 9000 об/хв.

2.1 Методика послідовності проведення математичного моделювання процесу гідродинаміки суслу в барабані сепаратора за допомоги програмного комплексу FlowVision:

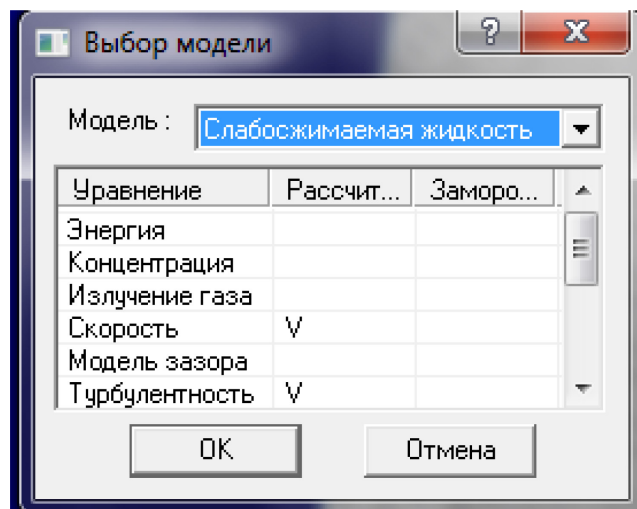
- 1) Створюємо та відкриваємо файл з моделлю у Flow Vision.



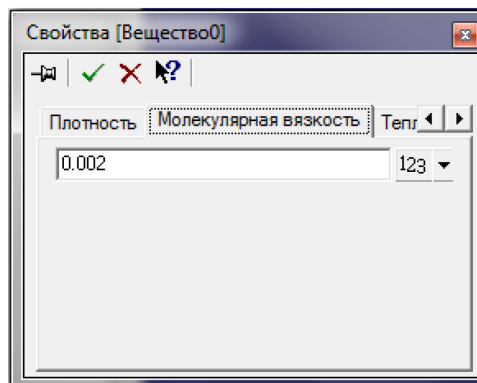
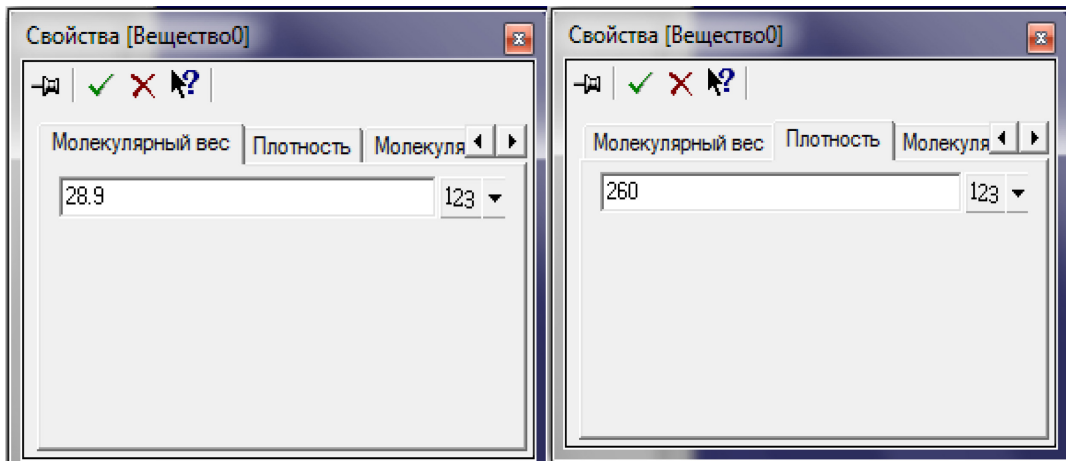
2) Для того щоб розрахунки були вірними обираємо для програм КОМПАС-3D V14 та Flow Vision однаковий масштаб одиниць виміру



3) Далі, обираємо модель для розрахунку гідродинаміки сусла як «слабосжимаемая жидкость»

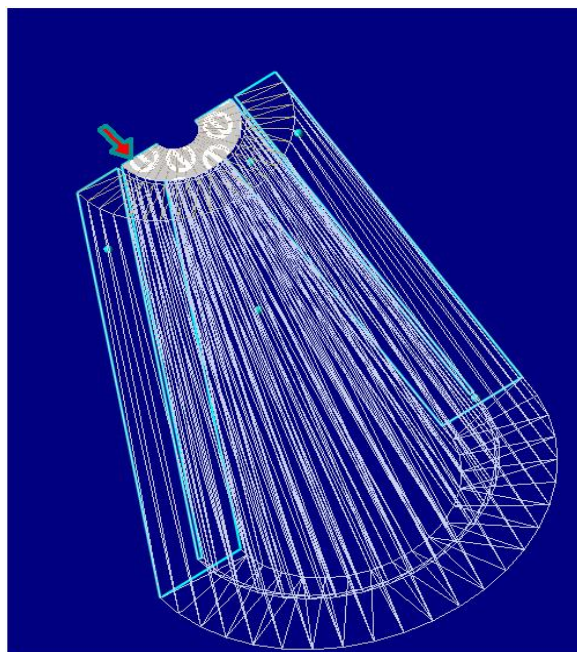


4) Далі задаємо продукту фізико-хімічні властивості, як для пивного сусла:

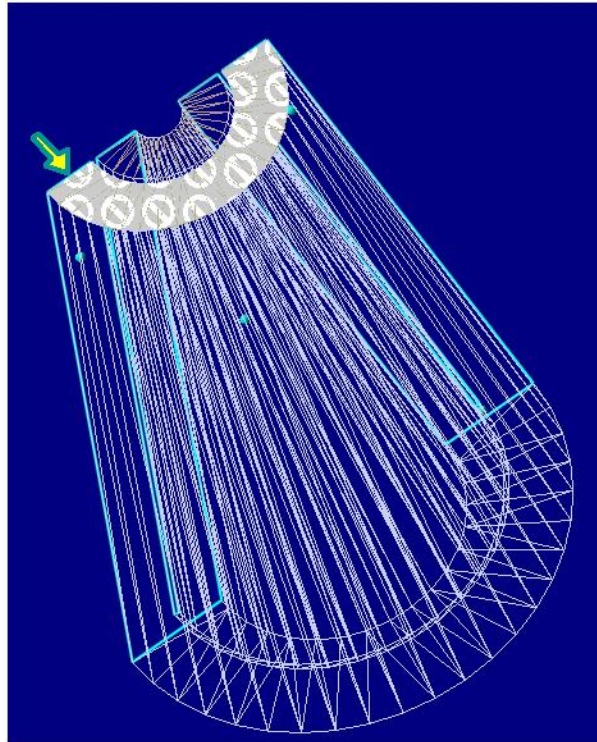


- 5) Встановлюємо граничні умови для нашої моделі. Кожний тип границі включає в себе набори граничних умов для кожної незалежної змінної даної математичної моделі.

Гранична умова входу суслу

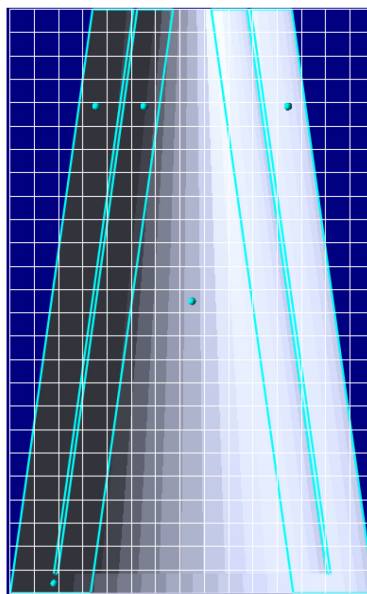


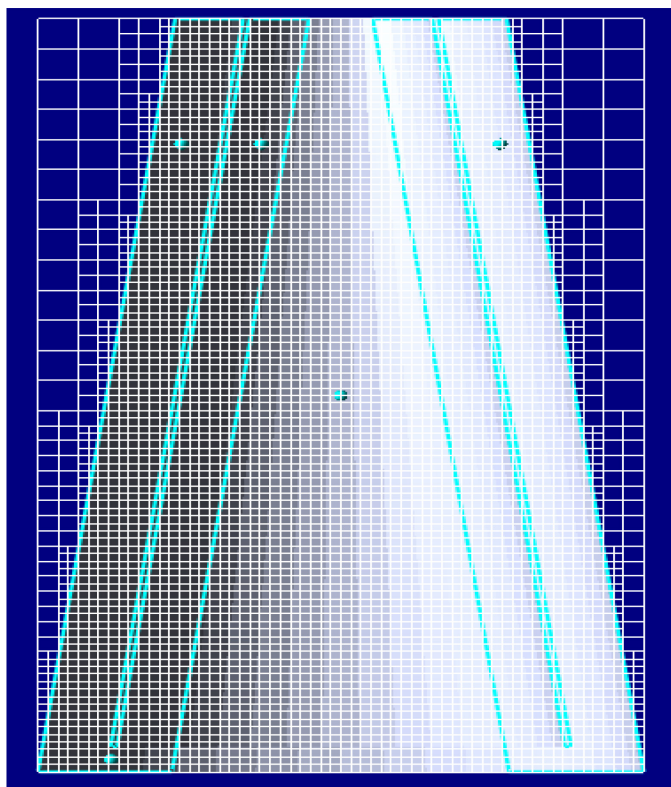
Гранична умова виходу сусла



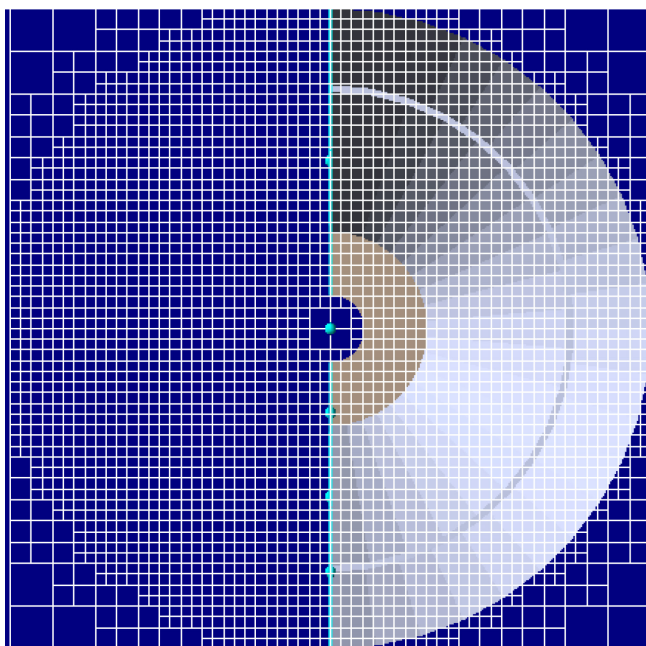
б) Далі необхідно розбити кількість розрахункових комірок вздовж кожної з осі системи координат. Для цього використовуємо функцію «Начальная сетка».

Після розбиття розрахункових комірок по осям, розрахункова сітка має наступний вигляд



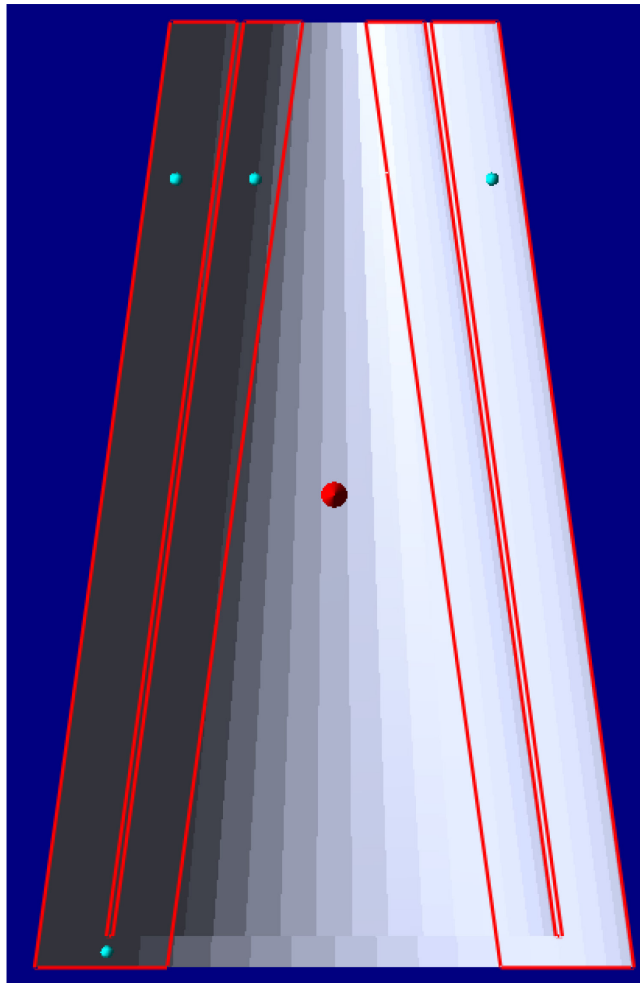


Вздовж осі x



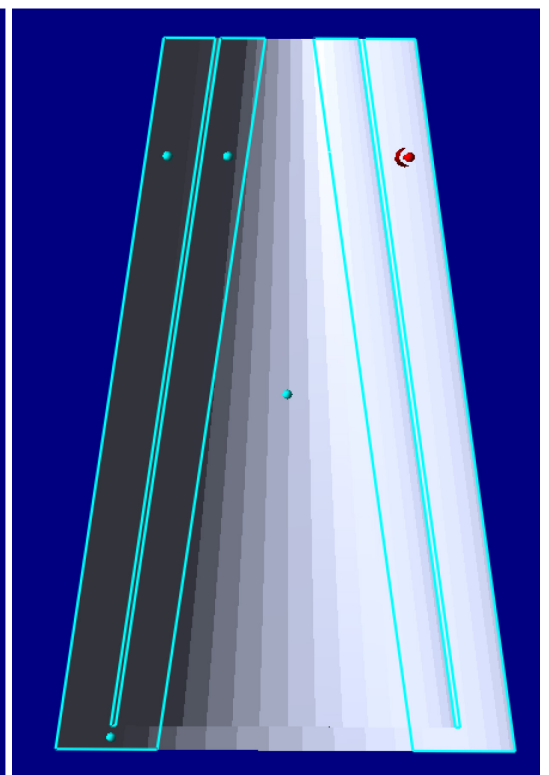
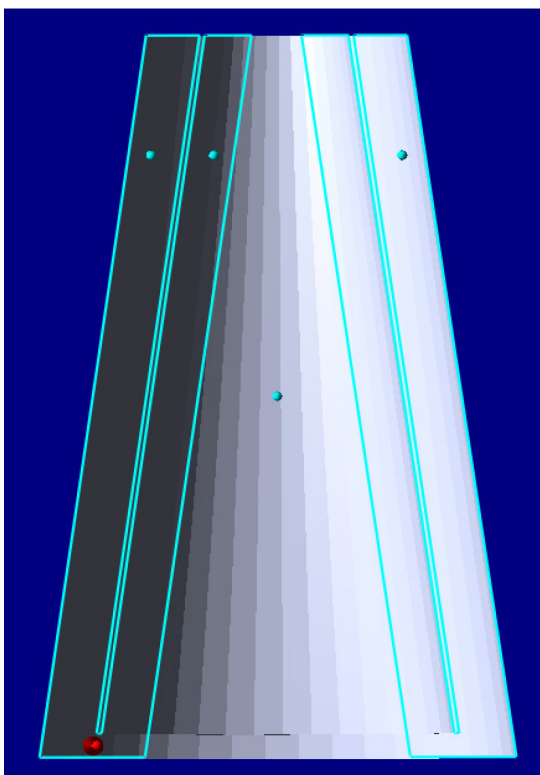
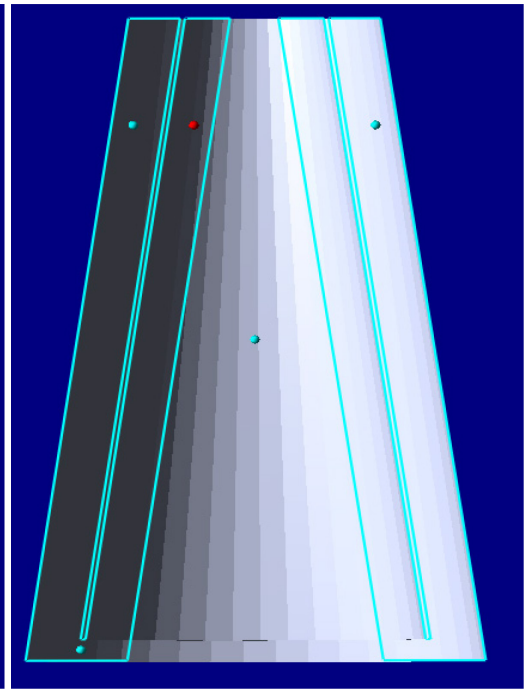
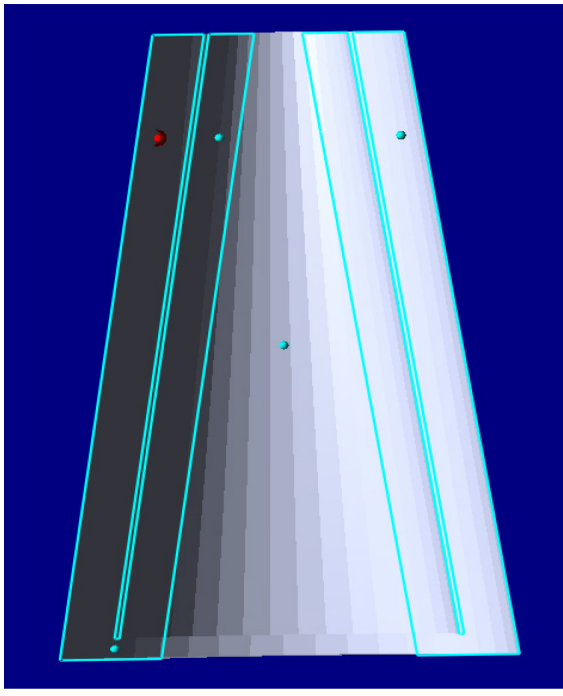
Вздовж осі y

- б) Після даних кроків модель готова до розрахунку. Але спочатку необхідно створити переріз в якому будемо спостерігати за розподіленням швидкості



2.2 Отримання та обробка результатів дослідження

Із отриманих результатів визначення швидкості руху рідини по висоті і вздовж поперечного перерізу барабана сепаратора спостерігаємо числове значення швидкості руху суслу в різних точках при різних частотах обертання барабана:



Результати моделювання зразка з частотою обертів $n = 5000$ об/хв

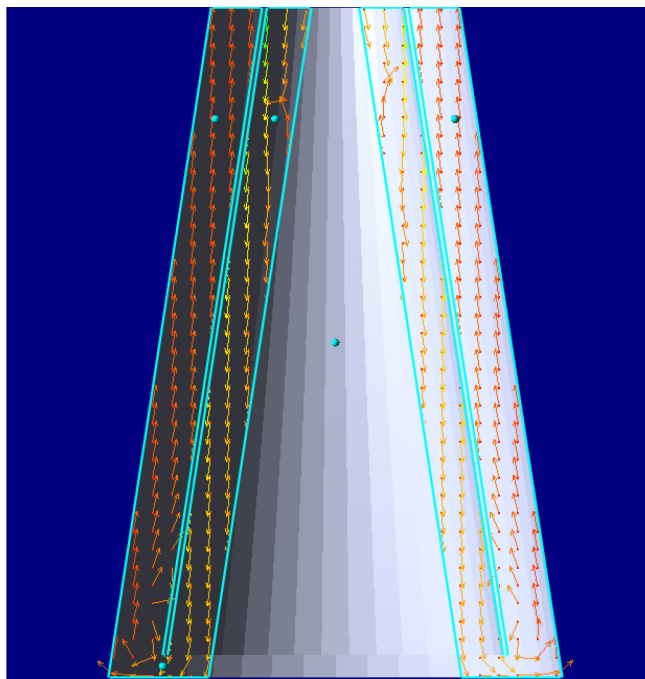


Рис. 2.2. Вектор швидкості руху потоків сусли

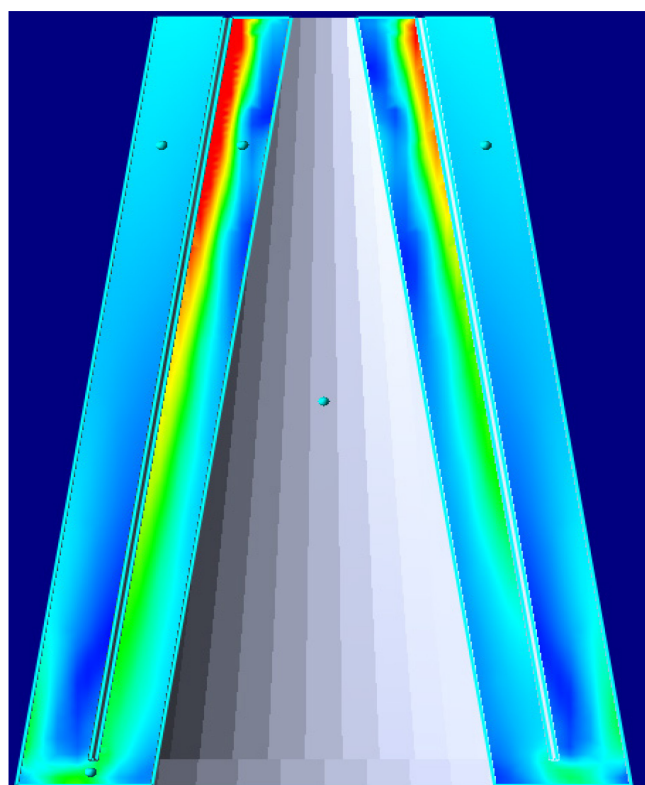


Рис. 2.3. Розподіл швидкості руху пивного сусли

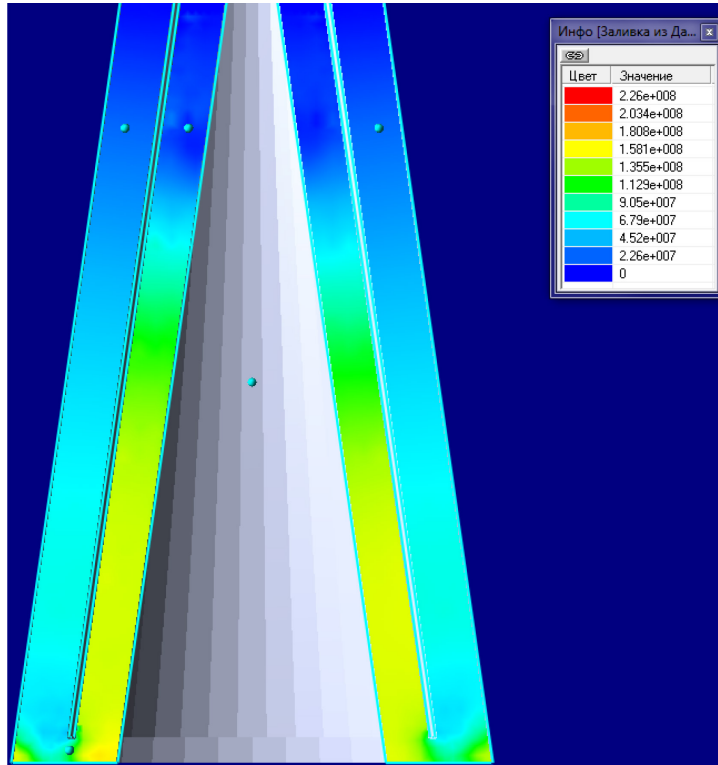


Рис. 2.4. Розподіл тиску

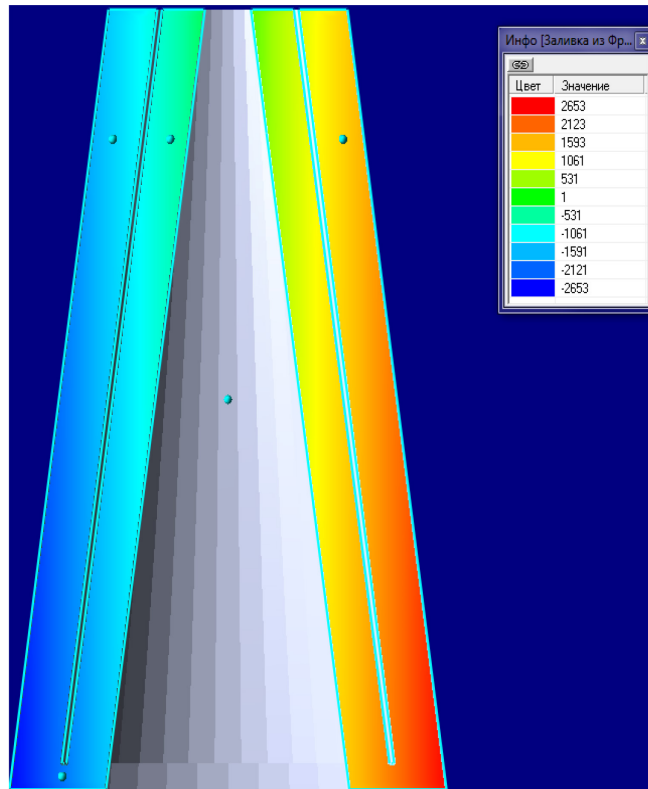


Рис. 2.5. Критерій Фруда (фактор розділення)

Результати моделювання зразка з частотою обертів $n = 6000$ об/хв.

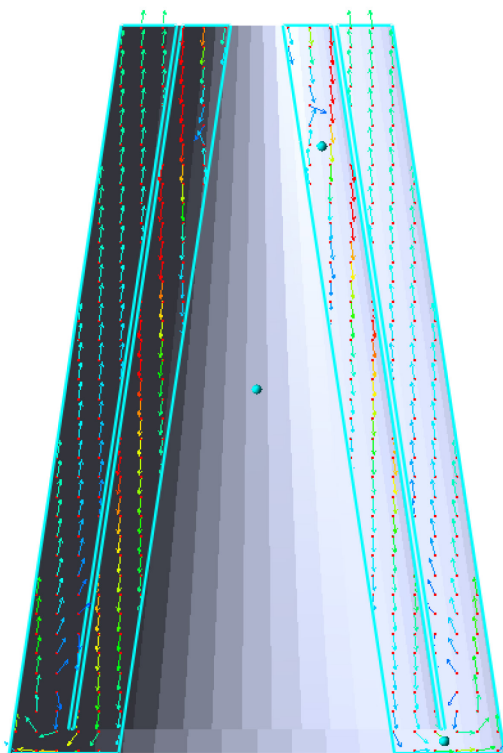


Рис. 2.6. Вектор швидкості руху потоків сусли

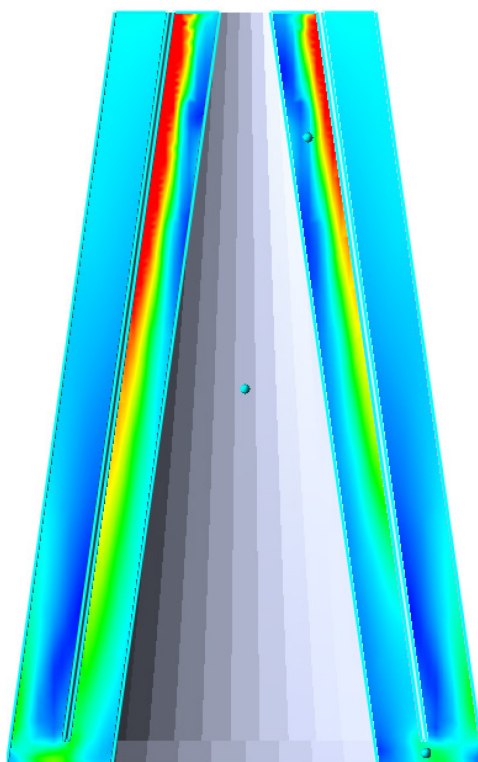


Рис. 2.7. Розподіл швидкості руху пивного сусли

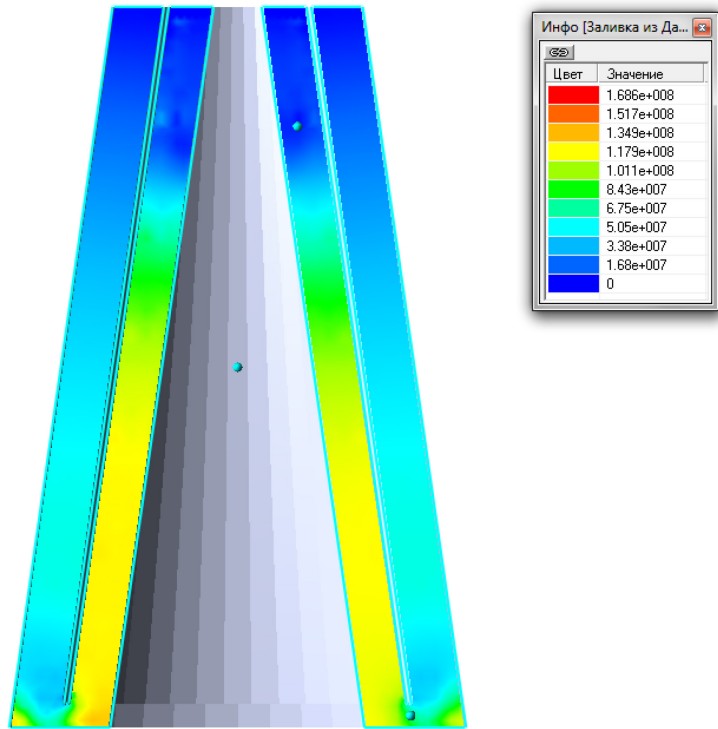


Рис. 2.8. Розподіл тиску

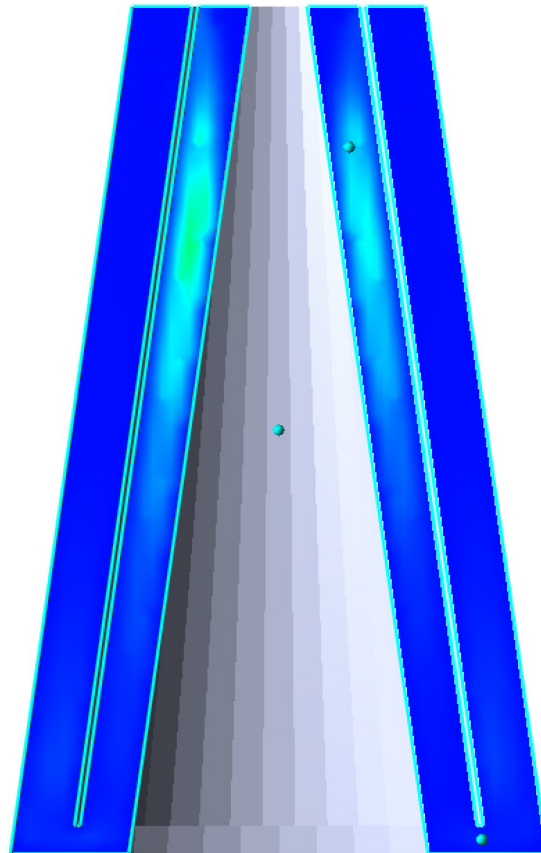


Рис. 2.9. Розподіл турбоенергії

Результати моделювання зразка з частотою обертів $n = 7000$ об/хв.

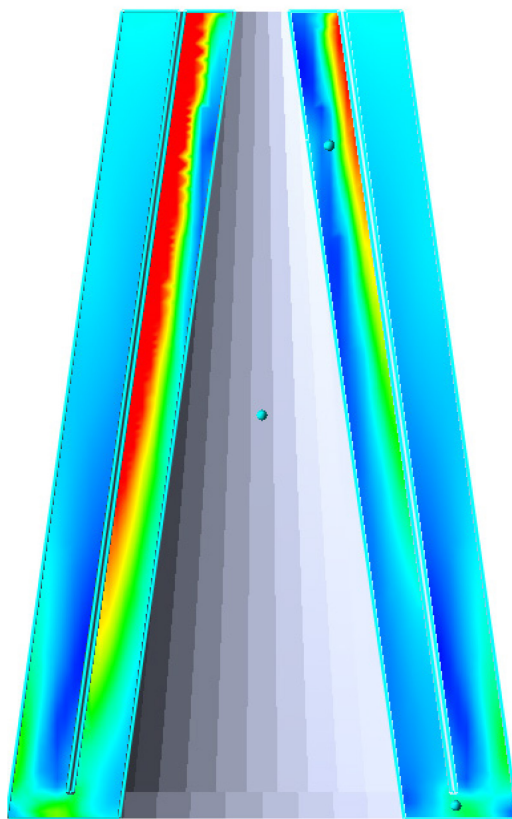


Рис. 2.10. Розподіл швидкості руху пивного суслу

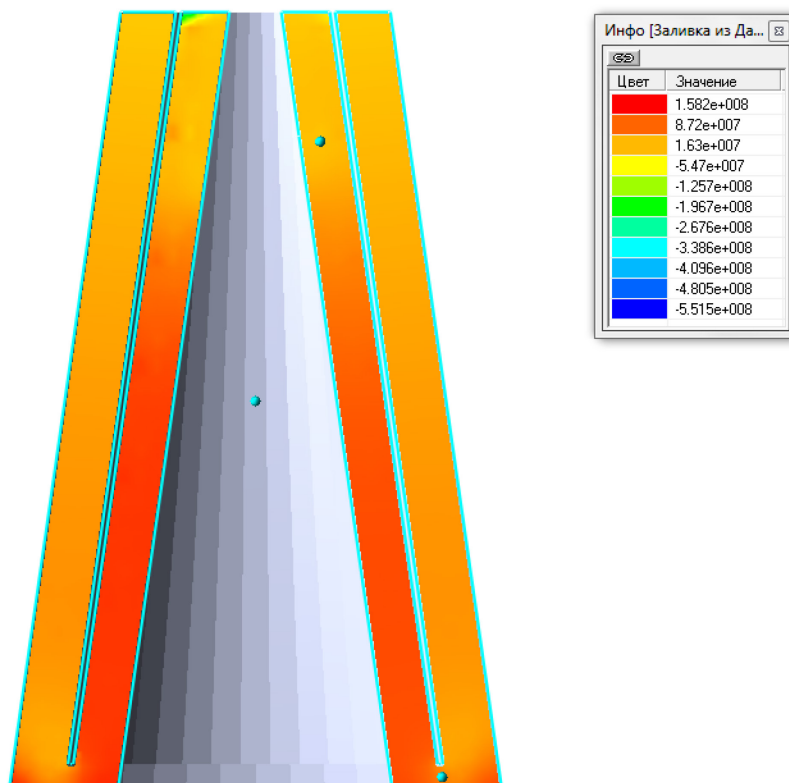


Рис. 2.11. Розподіл тиску

Результати моделювання зразка з частотою обертання $n = 8000$
об/хв.

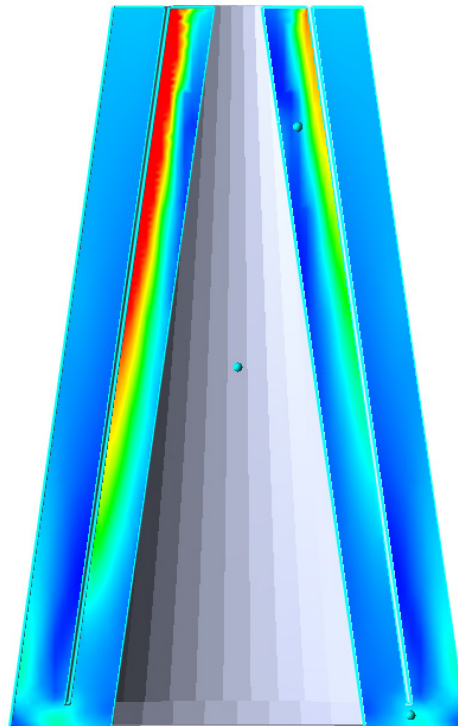


Рис. 2.12. Розподіл швидкості руху пивного сула

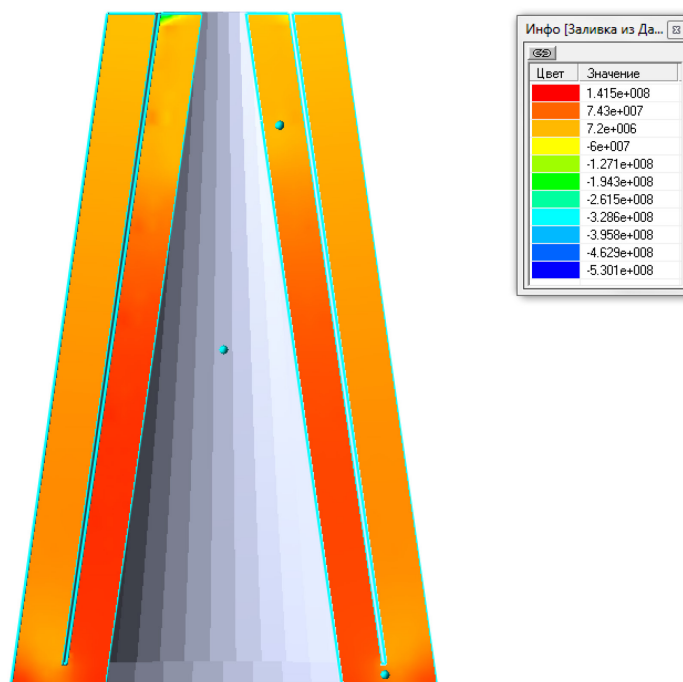


Рис. 2.13. Розподіл тиску

Результати моделювання зразка з частотою обертання $n = 9000$ об/хв.

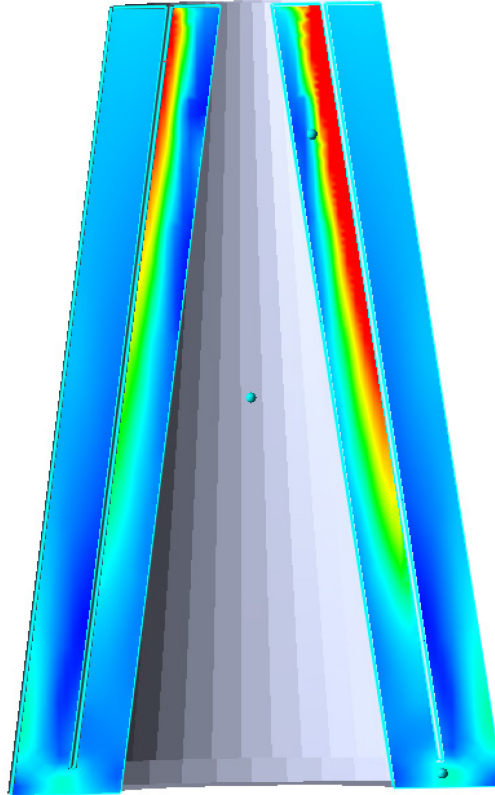


Рис. 2.14. Розподіл швидкості руху пивного сусла

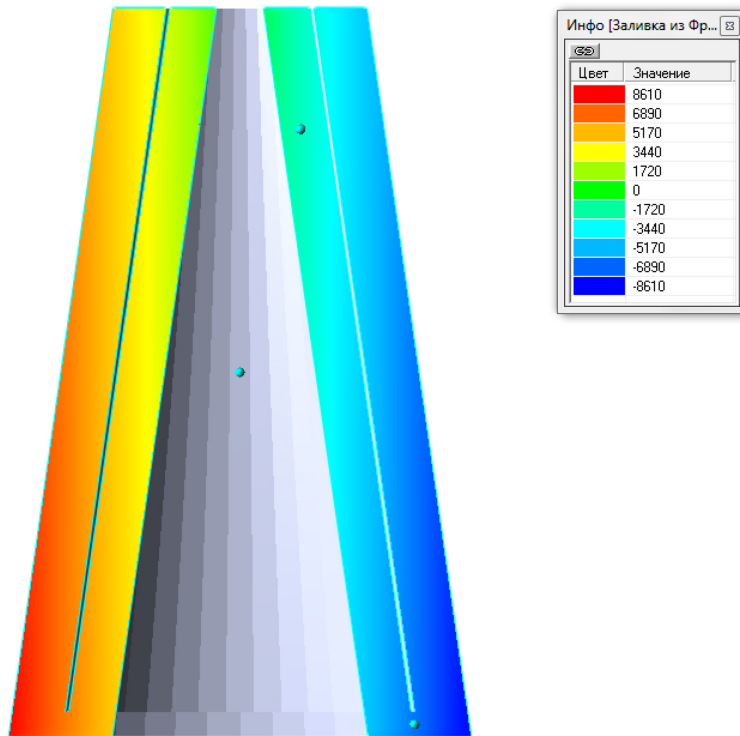


Рис. 2.15. Критерій Фруда (фактор розділення)

Для порівняння числових значень швидкостей руху сула у визначених точках, побудуємо графіки залежності швидкості руху рідини від кількості обертів /рис.2.16/, тиску /рис.2.17/, фактору розділення /рис.2.18/ за допомоги опції «Лінія Тренда», в основу якої покладений метод найменших квадратів для обробки дослідних даних. «Лінія Тренда» дозволяє математично описати залежність у поліноміальному вигляді і отримати коефіцієнт кореляції.

Таблиця 2.1

п, об/хв	Швидкість в першій точці	Швидкість в другій точці	Тиск в першій точці	Тиск в другій точці
5000	380	731	$9,91 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^7$
6000	284	565	$5,75 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^7$
7000	214	543	$9,3 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^7$
8000	241	536	$7,8 \cdot 10^6$	$5,3 \cdot 10^7$
9000	258	564	$7,9 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^7$

Таблиця 2.2

Таблиця 2.3

п, об/хв	Fr
5000	2653
6000	3825
7000	5210
8000	6790
9000	8610

п, об/хв	Радіальна швидкість в першій точці	Радіальна швидкість в другій точці
5000	127	642
6000	69	551
7000	60	532
8000	87	529
9000	80	504

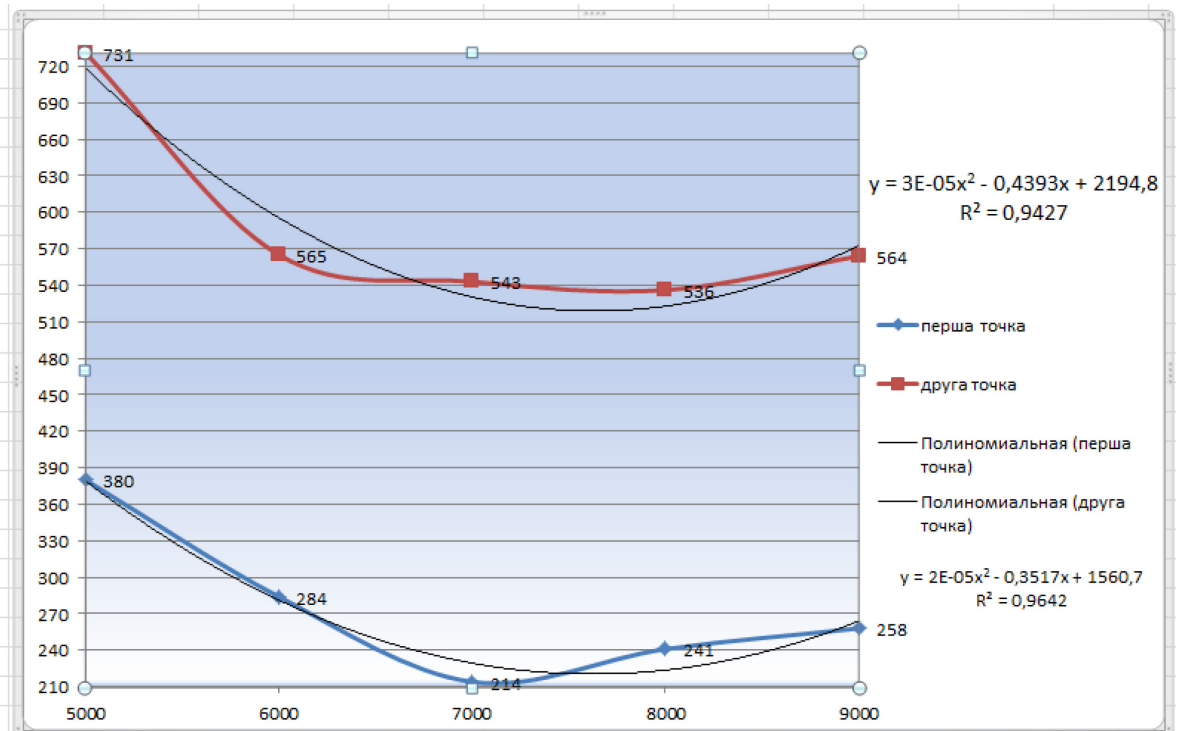


Рис. 2.16. Графік залежності швидкості сула від кількості обертів барабана сепаратора

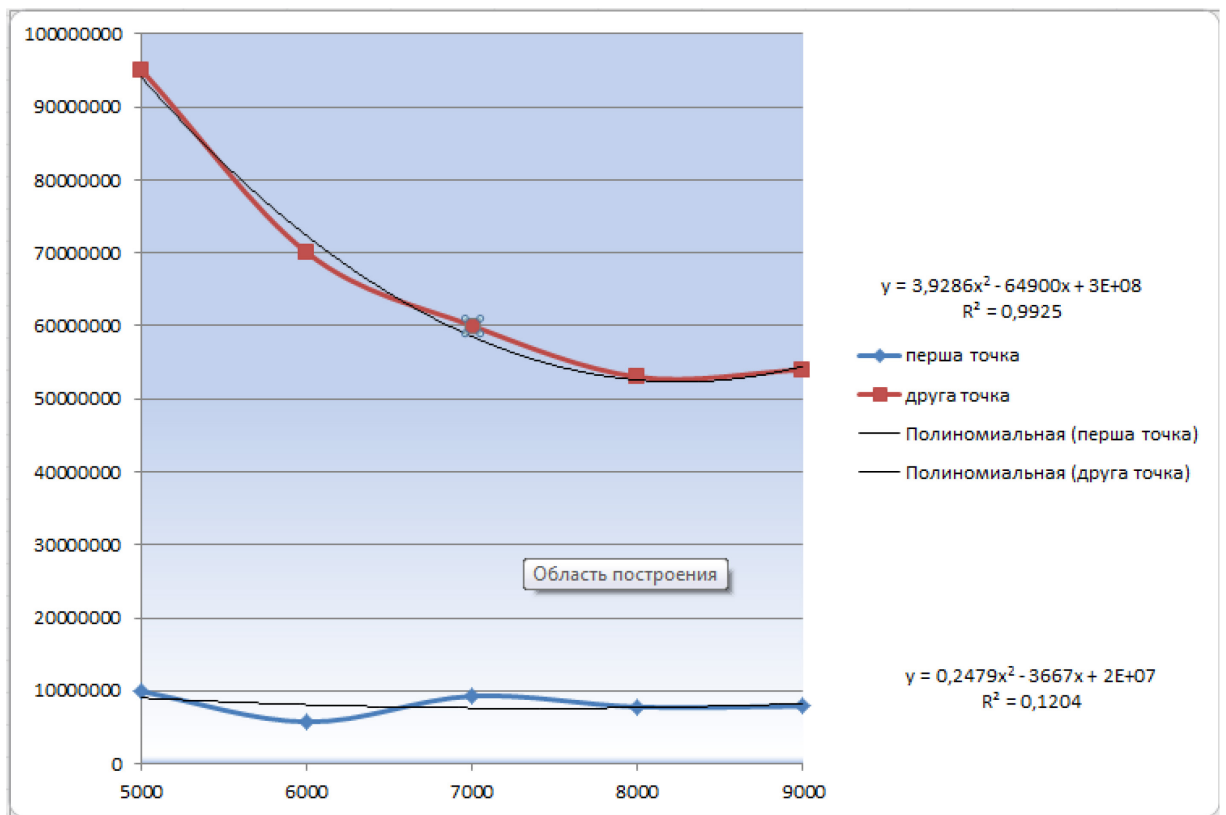


Рис. 2.17. Графік залежності тиску від кількості обертів барабана

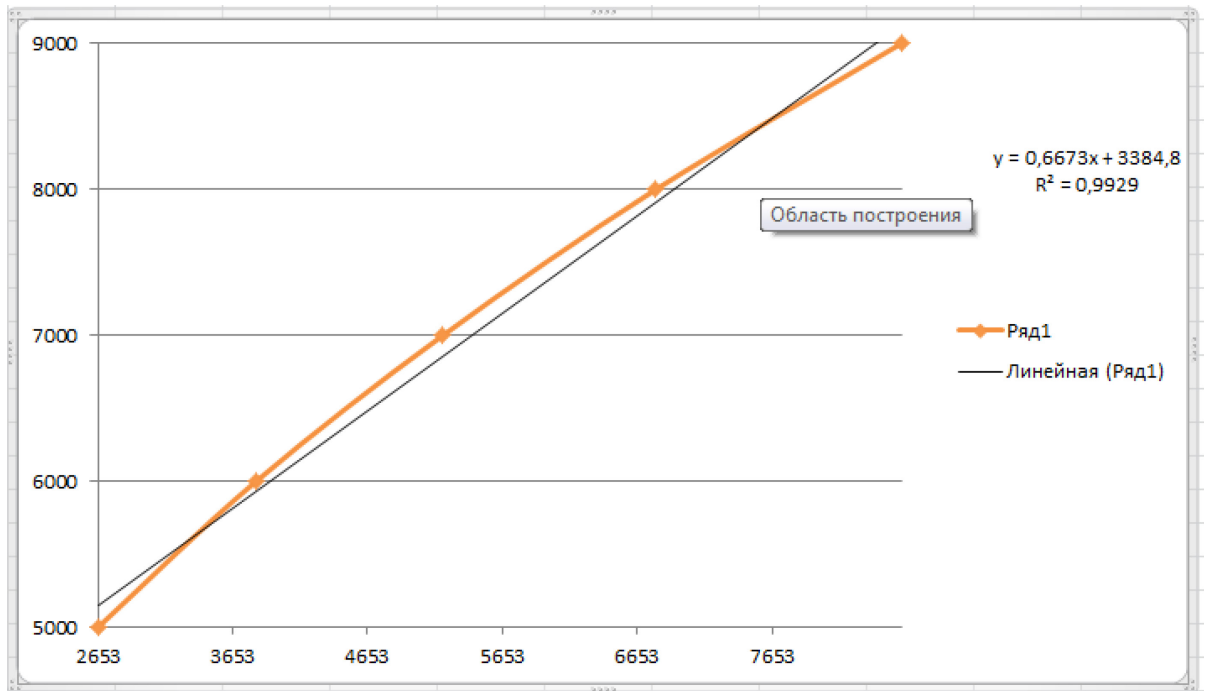


Рис. 2.18. Графік залежності фактора розділення від кількості обертів

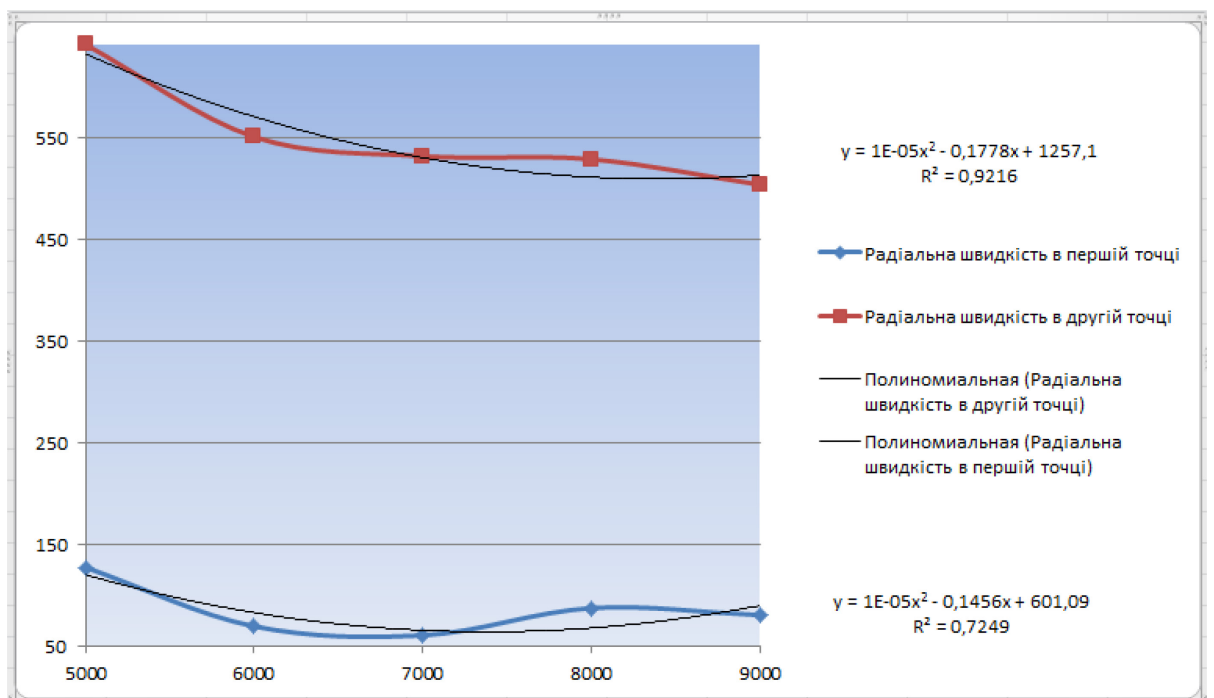


Рис. 2.19. Графік залежності радіальної швидкості від кількості обертів барабана сепаратора

2.3 Висновки.

1. Зміна частоти обертів барабану сепаратора відчутно впливає на процес освітлення пивного суслу.
2. На основі аналізу отриманих числових даних та побудови графічних залежностей в процесі досліджень можна визначити найбільш доцільні та раціональні параметри роботи сепаратора, які лежать в діапазоні 7000-8000 об/хв.
3. Отримані числові дані, рівняння регресії можуть бути рекомендовані та використані в практиці проектування та конструювання обладнання, подальшого його удосконалення.

3. Будова та принцип роботи сепаратора

З гарячого охмеленого сусла виділяються зважені тверді часточки. Вони складаються з крупних часток розмірами 30-80 мкм, які декілька важче, ніж сусло, і зазвичай, добре і щільно осідають, якщо їм надати для цього досить часу.

Зважені часточки із гарячого сусла слід видаляти, оскільки для подальшого виробництва пива вони не лише даремні, але і шкодять якості готового продукту. Так, неосвітлене гаряче сусло в подальшому призводить до «обклеювання» дріжджів. Підвищена кількість білкового відстою містить жирні кислоти солоду, що значно перешкоджає та ускладнює в подальшому процес фільтрування неосвітленого пива.

Кількість зважених часточок складає 6000-8000 мг/л після перекачування гарячого охмеленого сусла і воно повинно бути зменшене після їх видалення до 100 мг/л.

Багато підприємств не досягають цього рівня. Як наслідок, погіршення якості готового напою. Основною причиною цього недоліку наряду із недосконалістю обладнання, що застосовується для цих цілей є недостатнє освітлення пивного сусла.

3.1. Будова та принцип роботи сепаратора

На діючих пивоварних підприємствах використовують сепаратори типу АСЕ-Б (рис. 3.1), які складається зі станини 2 із приводним механізмом, оснащений пробками 1 і 6, а також показчиком рівня мастила 3, барабана із клапаном для зливу між тарілкової рідини, приймально-вивідного пристрою 18, гідровузла 7 і гальма.

Всередині корпусу сепаратора розташовані приводний механізм, тахометр 5, гальмо й гідровузол. У верхній частині корпусу розташована чаша 8, усередині якої встановлений приймач 9 для між тарілкової рідини. Чаша оснащена двома штуцерами для подачі та відведення охолодженої рідини в процесі сепарування.

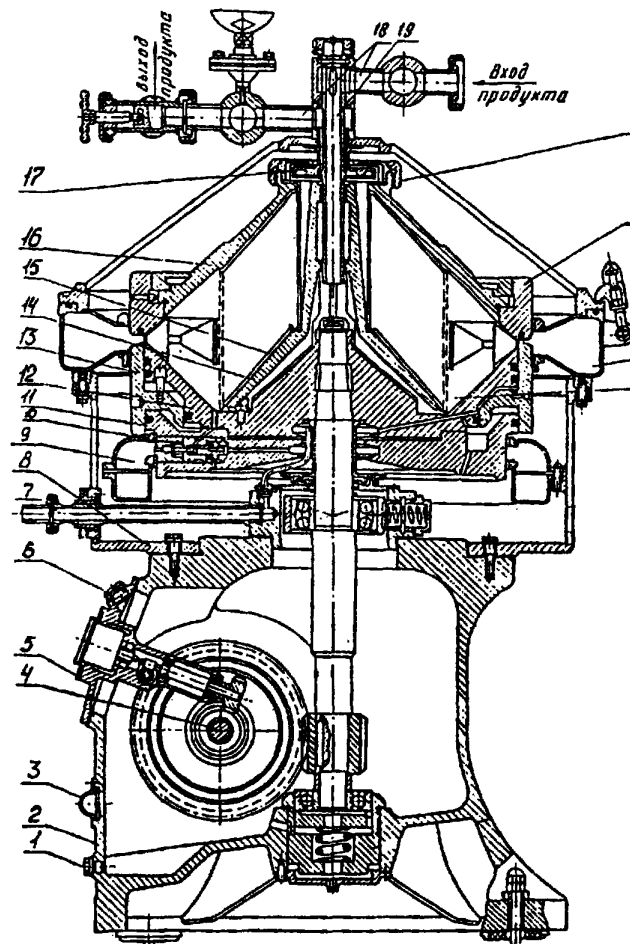


Рис.3.1 - Сепаратор типу ACE-Б

Барабан є основним робочим органом, що складається з основи барабана 12, корпусу 11, кришки 16 і зтяжних кілець 20, 21, у якому під дією відцентрової сили в між тарілковому просторі відбувається виділення зважених часток з живильної рідини. У корпусі 11 барабана розташовані тарілотримач 14, комплект тарілок 15, поршень 13 і клапани 10. Гідровузол 7 для керування закриттям, розвантаженням барабана й відкриттям клапанів розташований на чаші 8.

В обертання барабан приводиться від індивідуального електродвигуна.

Живильна рідина по центральній живильній трубі 19 надходить у внутрішню порожнину тарілотримача 14, а потім — у шламований простір 23 барабана. Під дією відцентрової сили найбільш великі й важкі частки біомаси відкидаються до периферії барабана, а рідина з більш дрібними часточками

направляється в пакет конічних тарілок. Тонкошаровість і ламінарність потоку забезпечує виділення дрібних часток рідини в міжтарілковому просторі на внутрішніх поверхнях тарілок.

Освітлена рідина /фугат/ піднімається по зовнішніх каналах тарілотримача 14 у камеру напірного диска 17 і виводиться з барабана, а виділені тверді часточки сповзають (стікають) по поверхні тарілок у шламовий простір 23 барабана. При повному заповненні шламового простору подачу живильної рідини припиняють і за допомоги двох клапанних механізмів зливають фугат з між тарілкового простору в приймач. Виділену тверду фазу за допомоги механізму розвантаження викидають у приймач шламу 22. Після припинення подачі буферної води в порожнину над поршнем 13 барабан закривають і технологічний цикл повторюється.

4. Розрахункова частина

4.1 Вихідні дані для конструктивного та повірного розрахунку

Продуктивність – 35 м³/год ;

Частота обертання – 6045 об./хв.;

Діаметр барабана – 516 мм.

Кількість тарілок – 67шт;

Кут нахилу тарілки – 55°;

Діаметр твірної тарілки:

більший діаметр тарілки – 480 мм;

менший діаметр тарілки – 120 мм;

Відстань між тарілками – 0,5 мм;

Електродвигун:

потужність – 22 кВт

Габарити:

Довжина – 1350 мм;

Ширина – 985 мм;

Висота – 1550 мм;

Маса сепаратора – 1060 кг;

4.2. Технологічний розрахунок продуктивності обладнання

Ціль технологічного розрахунку - визначення вихідних параметрів, необхідних для визначення геометрії конструкторської проробки об'єкта проектування, а також для проведення наступних спеціальних розрахунків його елементів.

Кількість отворів в тарілках повинно бути мінімальним (3..4), а радіус R_0 розташування отворів знайдемо за формулою:

$$R_0 = \sqrt{\frac{\varphi R_{\max}^2 + R_{\min}^2}{1 + \varphi}} = \sqrt{\frac{0.03 \cdot 0.48^2 + 0.12^2}{1 + 0.03}} = 0.072$$

При обертанні барабану дріжджового сепаратора виникають значні відцентрові сили, котрі необхідно враховувати як при конструюванні, так і при експлуатації сепаратора. В ідеальному сепараторі центр тяжіння знаходиться на осі обертання, відповідно, всі рухомі частини повинні бути виготовлені з абсолютною точністю. Однак центр тяжіння барабана із-за неточностей виготовлення знаходиться на деякій відстані від осі обертання, що при високій частоті обертання викликає виникнення відцентрової сили:

$$F_{\text{ц}} = 4\pi^2 n_{\text{бар}}^2 e m_{\text{бар}}$$

Де e - ексцентриситет, м;

$m_{\text{бар}}$ - маса барабану, кг;

$$F_{\text{ц}} = 4\pi^2 \cdot 100,75^2 \cdot 0,0001 \cdot 170 = 6812,378 \text{ Н}$$

Швидкість відцентрового розділення в дріжджовому сепараторі знаходиться рівнянням Стокса:

$$V_{\text{др}} = d_{\text{ч}}^2 \cdot 4\pi^2 n_{\text{бар}}^2 R_{\text{ср}} (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{бр}}) / (18\mu)$$

Де $d_{\text{ч}}$ - діаметр взвішених в суспензії частинок; $d_{\text{ч}} = (3 \dots 9) 10^{-9} \text{ м}$;

$n_{\text{бар}}$ - частота обертання барабану, с^{-1} ;

$R_{\text{ср}}$ - середній радіус пакету тарілок барабану, м;

$\rho_{\text{ч}}$ та $\rho_{\text{бр}}$ - густина відповідно дріжджових частинок та бражки;

$\rho_{\text{ч}} = 1100 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{бр}} = 1000 \text{ кг/м}^3$;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості середовища; $\mu=0,001$ Па·с.

$$V_{др} = (5 \cdot 10^{-6})^2 4\pi^2 \cdot 100,75^2 \cdot 0,258^2 \cdot \frac{(1100-1000)}{18 \cdot 0,001} = 0,0037 \text{ м/с}$$

Для дріжджового сепаратора, верхній підшипник котрого має пружинний амортизатор, критична кутова швидкість барабану:

$$\omega_{кр} = [l_2/(l_1 + l_2)] \sqrt{k/m_{бар}}$$

Де l_1 – відстань від верхнього підшипника до центра тяжіння, м

l_2 – відстань між верхнім та нижнім підшипниками, м;

k – коефіцієнт деформації, Н/м;

$$k = 3EI/l_1^2(l_1 + l_2)$$

Де E – модуль пружності металу, з котрого виготовляється вал (для сталі $E=19,62 \cdot 10^{10}$ Па)

I – осьовий момент інерції січення вертикального валу, м⁴

$$I = \frac{\pi d_{вал}^4}{64} = \pi \cdot \frac{0,06^4}{64} = 6,36 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Де $d_{вал}$ – діаметр валу, м.

$$k = 3 \cdot 19,62 \cdot 10^{10} \cdot 6,36 \cdot \frac{10^{-7}}{0,2^2(0,2 + 0,46)} = 141,8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$$

$$\omega_{кр} = [0,46/(0,2 + 0,46)] \sqrt{141,8 \cdot 10^5/170} = 210 \text{ с}^{-1}$$

Фактор розділення – основний показник, визначаючий ефективність роботи сепаратора.

$$F = \omega^2 \cdot z \cdot (R_2^3 - R_1^3) \text{tg}\alpha$$

Де ω – кутова швидкість барабану;

z – число тарілок в пакеті тарілок;

R_2 та R_1 – відповідно максимальний та мінімальний радіуси тарілок сепаратора, м; α – кут нахилу твірної тарілки, $\alpha=55^\circ$.

$$F = 100,75^2 \cdot 67 \cdot (0,48^3 - 0,12^3) \text{tg}55 = 105735,8882$$

4.3. Розрахунок приводу обладнання та визначення його основних кінематичних параметрів

Розрахунок кінематики приводу обладнання передбачає визначення основних характеристик, а саме - загального передаточного відношення, розподілення загального передаточного відношення всього кінематичного ланцюга приводу між його окремими передаточними механізмами; визначення конструктивних параметрів передаточних механізмів.

Головним параметром, що визначає структуру кінематичної схеми є характер руху робочого органу (траєкторія та швидкість).

Середня потужність, що використовується приводом в період розгона ротора, на надання ротору кінетичної енергії, кВт:

$$N_1 = \frac{mR_u^2 \omega^2}{2 \cdot 1000 \tau}$$

де R_u – радіус інерції ротора, м; τ – час розгонки ротора, с; m – маса частин, що обертаються, кг; ω – кутова швидкість ротора, с^{-1}

$$N_1 = \frac{15 \cdot 0.15^2 \cdot 100^2}{2000 \cdot 48} = 17$$

Потужність, необхідна для передачі кінетичної енергії рідині що видаляється без протидії, визначається за формулою, кВт:

$$N_2 = \frac{\varphi \pi^2 n^2 R^2 M \gamma_p}{1800 \cdot 1000}$$

де R – відстань від вісі обертання до вихідних отворів, м; n – частота обертання ротора, хв^{-1} ; γ_p - питома вага рідини, Н/м^3 ; φ – коефіцієнт, що враховує радіальну швидкість рідини ($\varphi=1,0\dots1,2$); M – продуктивність сепаратора, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$N_2 = \frac{1.5 \cdot 3.14^2 \cdot 100^2 \cdot 0.32^2 \cdot 35 \cdot 98}{1800 \cdot 1000} = 18.6$$

Якщо при виході рідкої фракції з'являється протидія, то потужність витрачається на викид рідини, кВт:

$$N_2 = \frac{M\zeta}{1000\eta}$$

де ζ – тиск, що створюється на виході рідини напірним диском, Н/м²; η – ККД напірного диска ($\eta=0,3$).

Потужність, що необхідна для подолання тертя в опорах барабана, кВт:

$$N_3 = \frac{\mu m \pi d_s n g}{60 \cdot 1000}$$

де μ – коефіцієнт тертя ($\mu=0,3$); m – маса частин що обертаються, кг; d_s – діаметр шейки веретена, м; n – частота обертання вала, хв⁻¹; g – прискорення сили тяжіння, м/с².

$$N_3 = \frac{0.3 \cdot 15 \cdot 3.14 \cdot 0.08 \cdot 100 \cdot 9.81}{60000} = 1.21$$

Потужність, що необхідна на подолання тертя барабана з повітрям, кВт:

$$N_4 = k H n^3 R^4$$

де k – приведений коефіцієнт, що дорівнює 0,016...0,02; H, R – висота і радіус ротора, м; n – частота обертання ротора, с⁻¹.

$$N_4 = 0.018 \cdot 0.48 \cdot 100^3 \cdot 0.12^4 = 9,2$$

4.4. Конструкційні та повірочні розрахунки на міцність та надійність обладнання

Розрізняють дві різновидності розрахунків обладнання: конструкційні (проектні) і повірочні. Конструкційний розрахунок проводять у випадку розробки нового обладнання, а повірочний – з метою можливості використання обладнання для заданого процесу або для відповідних умов.

Важливим показником досконалості конструкції обладнання є умова рівної міцності і ресурсу роботи окремих його елементів. Наявність у конструкції хоча б одного елемента, що не відповідає цим вимогам, знижує загальну міцність і ресурс роботи конструкції в цілому.

Розрахунок на міцність швидкообертової обичайки барабана сепаратора.

Одним з основних елементів конструкцій сепараторів, центрифуг та іншого устаткування є циліндричні або конічні обичайки. У загальному випадку вони перебувають під спільною дією розподілених по поверхні інерційних навантажень від власної маси обичайки q_c і маси оброблюваної середовища P_c , крайових сил Q_c і моменту M_0 .

Нормальні напруження, що виникають в швидкообертаючих обичайка від дії зазначених навантажень з іншими у вузлах їх сполучення з іншими деталями ротора за формулами:

$$\sigma_{m0} = \sigma_{m0}^p + \sigma_{m0}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{m0}^{M_0}$$

$$\sigma_{t0} = \sigma_{t0}^p + \sigma_{t0}^{(Q_0-Q)} + \sigma_{t0}^{M_0}$$

а на ділянках обичайки, віддалених від краю - за формулами:

$$\frac{\sigma_m}{R_1} + \frac{\sigma_t}{R_2} = \frac{Pn}{S}$$

$$\sigma_m = \frac{Pn \cdot R_2}{2S} \quad \text{і т.д.}$$

Обчислити $\omega_{кр}$ і перевірити умову вібростійкості ротора сепаратора.

Вихідні дані: Вал закріплений на одній шарнірної і другий податливою опорах з коефіцієнтом жорсткості $C_2 = 2,6 \cdot 10^5$ н/м.

Моменти інерції барабана щодо осей Z і X відповідно:

$$Y_z = 40,1 \text{ кг/м}^2; \quad Y_x = 22 \text{ кг/м}^2; \quad m = 170 \text{ кг}; \quad \omega = 100,75 \text{ с}^{-1}$$

Рішення:

У зв'язку зі значною піддатливістю опори можна знехтувати піддатливістю валу і вважати його абсолютно жорстким. Тоді критичну швидкість ротора можна визначити за формулою:

$$\omega_{кр}^n = \sqrt{\frac{C_2 L^2}{Y_x + m(L_2^1)^2 - Y_z}} = \sqrt{\frac{2,6 \cdot 10^5 \cdot 0,2^2}{22 + 170(0,46)^2 - 40,1}} = 210 \text{ с}^{-1};$$

Таким чином $\frac{\omega}{\omega_{кр}^n} = \frac{100}{210} \approx 5$, що забезпечує добре самоцентрування

ротора в післярезонансній області.

Визначити швидкості циліндра - конічного ротора сепаратора і перевірити міцність з'єднання обичайок ротора (барабана).

Допускаемое напряжение материала ротора при рабочей температуре

$$[\sigma]_p = \eta \sigma_p^* = 152 \cdot 1 = 152 \text{ МПа, где } \eta = 1, \sigma_p^* = 152 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга матеріалу ротора при робочій температурі

$$[\sigma]_{p.кр} = \eta \sigma_p^* = 152 \cdot 1 = 152 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга в зоні крайового ефекту

$$[\sigma]_{p.кр} = 1,3[\sigma]_p = 1,3 \cdot 152 = 197,6 \text{ МПа.}$$

Розрахунок товщини стінок обичайок

Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки сепаратора.

Товщина стінки циліндричної обичайки сепаратора визначається за

формулою:

$$S = \rho_c \omega^2 R^3 \psi / [2(\varphi_0 [\sigma]_p - \rho_m \cdot \omega^2 R^2)] + C + C_0 = 1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3 \cdot 1 / [2(1 \cdot 152 - 1100 \cdot 100^2 \cdot 0,32^2)] + 0,001 + C_0 = 0,0013 + 0,001 = 0,0024 \text{ м}$$

Прийmemo $S_c = 12 \text{ мм.}$

Розрахунок товщини стінки конічної обичайки

Товщина стінки конічної обичайки дорівнює:

$$S_k = \rho_c \omega^2 R^3 \psi / [2(\varphi [\sigma]_p - \rho_m \cdot \omega^2 R^2) \cos \alpha] + C + C_0 = 1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3 \cdot 1 / [2(0,9 \cdot 152 - 1100 \cdot 100^2 \cdot 0,28^2) \cdot 0,57] + 0,001 + C_0 = 0,002 + 0,001 = 0,003 \text{ м}$$

Прийmemo $S_k = 12 \text{ мм.}$

Допустима кутова швидкість циліндричної обичайки, знаходимо за формулою:

$$[\omega]_{\psi} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\varphi[\sigma]_p}{\rho c R \psi / [2(S-C)] - \rho}} = \frac{1}{0,320} \cdot \sqrt{\frac{0,9 \cdot 152 \cdot 10^6}{1000 \cdot 0,28 \cdot 1 / [2(12-1) \cdot 10^{-3}] - 1100}} =$$

$$= 138,6 \text{ c}^{-1},$$

Допустима кутова швидкість конічної оболонки, знаходимо за формулою:

$$[\omega]_{\psi} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\varphi[\sigma]_p}{\rho c R \psi / [2(S_k - C) \cos \alpha] - \rho}} = \frac{1}{0,6} \cdot \sqrt{\frac{0,9 \cdot 152 \cdot 10^6}{1000 \cdot 0,28 \cdot 1 / [2(12-1) \cdot \cos 55^\circ] - 1100}} =$$

$$= 101,34 \text{ c}^{-1},$$

Ротора циліндро-конічного:

$$[\omega]_k = \min \{[\omega]_{\psi}; [\omega]_k\} = \min \{138,6; 101,34\} = 101,34 \text{ c}^{-1};$$

Рівняння сумісності деформацій для вузла з'єднання циліндричної і конічної обичайок барабана з урахуванням напрямку:

$$\Delta_{pm}^u + \Delta_{pc}^u + \Delta_{m0}^u + \Delta_{Q0}^u = \Delta_{pm}^k + \Delta_{pc}^k + \Delta_{m0}^k + \Delta_{(Q0-Q)}^k - \Theta_{pm}^u - \Theta_{pc}^u - \Theta_{m0}^u + \Theta_{Q0}^u =$$

$$= \Theta_{pm}^k + \Theta_{pc}^k + \Theta_{m0}^k + \Theta_{(Q0-Q)}^k$$

$$\Delta_{pc}^u = \frac{\rho c \omega^2 R^4}{2E(S-C)} \psi \left(1 - \mu \frac{\psi}{4}\right) = \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^4}{2E(0,012 - 0,001)} \cdot 1 \cdot \left(1 - 0,3 \frac{1}{4}\right) = \frac{52915 \cdot 10^6}{E} \text{ м};$$

$$\Delta_{pm}^u = \frac{\rho_m \omega^2 R^3}{E} = \frac{1100 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3}{E} = \frac{3 \cdot 10^6}{E};$$

$$\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(S-C)}} = \frac{\sqrt[4]{3(1-0,3^2)}}{\sqrt{0,28(0,012-0,001)}} = 21,66 \text{ м}^{-1};$$

$$\Delta_{Q0}^u = \frac{2\beta R^2}{E(S-C)} Q_0 = \frac{2 \cdot 21,66 \cdot 0,28^2}{E(0,012 - 0,001)} \cdot Q_0 = 403,27 \frac{Q_0}{E} \text{ м};$$

$$\Delta_{M0}^u = \frac{2\beta R^2}{E(S-C)} M_0 = \frac{2 \cdot 21,66 \cdot 0,28^2}{E(0,012 - 0,001)} \cdot Q_0 = 8734,8 \frac{M_0}{E} \text{ м};$$

$$\Theta_{pm}^u = \Theta_{pc}^u = 0;$$

$$\Theta_{Q0}^u = \frac{2\beta^2 R^2}{E(S-C)} Q_0 = \frac{2 \cdot 21,66^2 \cdot 0,28^2}{E(0,012 - 0,001)} \cdot Q_0 = 8734,8 \frac{Q_0}{E} \text{ раз};$$

$$\Theta_{M0}^u = \frac{4\beta^3 R^2}{E(S-C)} M_0 = \frac{4 \cdot 21,66^3 \cdot 0,28^2}{E(0,012 - 0,001)} \cdot M_0 = 378392,6 \frac{M_0}{E} \text{ раз},$$

$$\Delta_{pc}^k = \frac{\rho_c \omega^2 R^4}{2E(S-C) \cos \alpha} \psi = \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^4}{2E(0,018 - 0,001)} \cdot 1 = \frac{8,09 \cdot 10^6}{E};$$

$$\Delta_{pm}^k = \frac{\rho_m \omega^2 R^3}{E} = \frac{1100 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3}{E} = \frac{3 \cdot 10^6}{E};$$

$$\beta = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R(S_\kappa - C) / \cos \alpha}} = \frac{\sqrt[4]{3(1-0,3^2)}}{\sqrt{0,28(0,012 - 0,001) / 0,5707}} = 18,2 \text{ м}^{-1};$$

$$Q = \frac{\rho_c \omega^2 R^3}{8} \psi^2 \text{tg} \alpha = \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3}{8} \cdot 1 \cdot 1,4 = 49161,2 \text{ н/м};$$

$$\Delta_{(Q0-Q)}^k = \frac{2\beta_\kappa R^2 (Q_0 - Q)}{E(S_\kappa - C)} = \frac{2 \cdot 18,2 \cdot 0,28^2 (Q_0 - Q)}{E(0,012 - 0,001)} = 338,85 \frac{Q_0 - Q}{E};$$

$$\Delta_{M0}^k = \frac{2\beta_\kappa^2 R^2}{E(S_\kappa - C) \cos \alpha} M_0 = \frac{2 \cdot 18,2^2 \cdot 0,28^2}{E(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707} \cdot M_0 = 8722,89 \frac{M_0}{E};$$

$$\Theta_{pc}^k = \frac{\rho_c \omega^2 R^2 \cdot M_0}{2E(S_\kappa - C) \cos^2 \alpha} (1 + \psi) = \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3 \cdot 0,5707}{2E(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707^2} = \frac{50,5 \cdot 10^6}{E};$$

$$\Theta_{pm}^k = \frac{(3 + \mu) \rho_m \omega^2 R^2}{E} = \frac{(3 + 0,3) \cdot 1100 \cdot 100^2 \cdot 0,28^2}{E} = \frac{30,94 \cdot 10^6}{E};$$

$$\Theta_{(Q0-Q)}^k = \frac{2\beta_\kappa^2 R^2 (Q_0 - Q)}{E(S_\kappa - C) \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 18,2^2 \cdot 0,28^2 (Q_0 - Q)}{E(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707} = 8722,9 \frac{Q_0 - Q}{E};$$

$$\Theta_{M0}^k = \frac{4\beta^3 R^2}{E(S_\kappa - C) \cos^2 \alpha} M_0 = \frac{4 \cdot 18,2^3 \cdot 0,28^2}{E(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707^2} \cdot M_0 = 448963,9 \frac{M_0}{E}$$

Підставивши знайдені значення роздільних і кутових деформацій в систему рівнянь і спростивши, отримаємо:

$$11,91M_0 + 1222,1Q_0 = 13,85 \cdot 10^6$$

$$827360,6M_0 + 11,91Q_0 = 347,36 \cdot 10^6$$

$$Q_0 = 11301 \text{ н/м}; M_0 = 518 \text{ Н.}$$

Нормальні напруги на внутрішній поверхні краю циліндричної обичайки з урахуванням формул та напрямки дії навантажень:

- Меридіальне

$$\sigma_{m\psi} = \sigma_{m\psi}^{pm} + \sigma_{m\psi}^{pc} + \sigma_{m\psi}^{Q_0} + \sigma_{m\psi}^{M_0} = 0 + 0 + \frac{\rho\omega^2 R^3}{8(S-C)} \psi^2 + \frac{6-M_0}{(S-C)^2} = \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3}{8(0,012-0,001)} \cdot 1^2 + \frac{6 \cdot 518}{(0,012-0,001)^2} = 4469203,7 + 25685950,4 = 30,155 \cdot 10^6 \text{ Па} = 30,155 \text{ МПа}$$

- Колове

$$\sigma_{\psi\psi} = \sigma_{\psi\psi}^{pm} + \sigma_{\psi\psi}^{pc} + \sigma_{\psi\psi}^{Q_0} + \sigma_{\psi\psi}^{M_0} = \rho_m \omega^2 R^2 + \frac{\rho_c \omega^2 R^3}{2(S-C)} \psi - \frac{2\beta R}{S-C} Q_0 + \frac{2\beta^2 R}{S-C} M_0 + \frac{6\mu M_0}{(S-C)^2} = 1100 \cdot 100^2 \cdot 0,28^2 + \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^2}{2(0,012-0,001)} \cdot 1 - \frac{2 \cdot 21,66 \cdot 0,32}{(0,012-0,001)} \cdot 11301 + \frac{2 \cdot 21,66^2 \cdot 0,28}{(0,012-0,001)^2} \cdot 518 + \frac{6 \cdot 0,3 \cdot 518}{(0,012-0,001)^2} = 1178518,86 + 17876814,76 - 14241725,67 + 14139496,77 + 7705785,12 = 26,66 \text{ МПа}$$

-Еквівалентне

$$\sigma_{\text{екв.ц}} = \max \{ \sigma_{m\psi}; \sigma_{\psi\psi} \} = \max \{ 30,155; 26,66 \} = 30,155 \text{ МПа.}$$

Так як $\sigma_{\text{екв.ц}} < [\sigma]_{\text{р.кр}} (30,155 < 0,9 \cdot 197,6) = 177,84 \text{ МПа}$, то

Умова міцності краю циліндричної обичайки виконується.

Нормальні напруги на внутрішній поверхні краю конічної обичайки з урахуванням формул та напрямки дії навантажень:

- Меридіальне

$$\sigma_{mk} = \sigma_{mk}^{pm} + \sigma_{mk}^{pc} + \sigma_{mk}^{Q_0-Q} + \sigma_{mk}^{M_0} = 0 + \frac{\rho c \omega^2 R^3}{8(S_k - c) \cos \alpha} \psi^2 + \frac{(Q_0 - Q) \sin \alpha}{S_k - c} + \frac{6M_0 \mu}{(S_k - c)^2} =$$

$$\frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3}{8(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707} \cdot 1^2 + \frac{(11301 - 49161,2) \cdot 0,5707}{(0,012 - 0,001)} + \frac{6 \cdot 518 \cdot 0,3}{(0,012 - 0,001)^2} =$$

$$= 19754259,6 - 2433378,3 + 7705785 = 25,06 \text{ МПа}$$

- Колове

$$\sigma_{tk} = \sigma_{tk}^{pm} + \sigma_{tk}^{pc} + \sigma_{tk}^{Q_0-Q} + \sigma_{tk}^{M_0} = \rho c \omega^2 R^2 + \frac{\rho c \omega^2 R^3}{2(S_k - c) \cos \alpha} \psi + \frac{2\beta R(Q_0 - Q)}{S_k - c} +$$

$$\frac{2\beta_k^2 R M_0}{(S_k - c) \cos \alpha} + \frac{6M_0 \mu}{(S_k - c)^2} = 1100 \cdot 100^2 \cdot 0,28^2 + \frac{1000 \cdot 100^2 \cdot 0,28^3}{2(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707} \cdot 1 +$$

$$+ \frac{2 \cdot 18,2 \cdot 0,28(11301 - 49161,2)}{(0,012 - 0,001)} + \frac{2 \cdot 18,2^2 \cdot 0,28 \cdot 518}{(0,012 - 0,001) \cdot 0,5707} + \frac{6 \cdot 518 \cdot 0,3}{(0,012 - 0,001)^2} = 1229031 +$$

$$+ 79017038,34 - 40090298,2 + 14120185,78 + 7705785,124 = 61,98 \text{ МПа}$$

- Еквівалентне

$$\sigma_{\text{ЭКВ.К}} = \max \{ \sigma_{mk}; \sigma_{tk} \} = \max \{ 25,06; 61,98 \} = 61,98 \text{ МПа.}$$

$$\text{Так як } \sigma_{\text{ЭКВ.Ц}} < [\sigma]_{\text{р.кр}} (30,155 < 0,9 \cdot 197,6 < 177,84)$$

$\sigma_{\text{ЭКВ.К}} < [\sigma]_{\text{р.кр}} (61,98 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 197,6 < 177,84)$, то умова міцності вузла з'єднання циліндричної і конічної обичайок ротора виконується.

5. Вибір конструкційних матеріалів

Специфіка обробки та вимоги до отримання харчових продуктів висувають в свою чергу і особливі вимоги до конструкційних матеріалів із яких виготовляється обладнання та особливо його робочі органи. Одна із головних вимог – можливість контакту та його взаємодія на продукт, що оброблюється. Якщо не спостерігається безпосереднього контакту елементів обладнання із продуктом, то користуються загальними машинобудівними критеріями підбору та вибору конструкційних матеріалів. Раціональною конструкцією обладнання вважається таке, де фізичні властивості конструкційних матеріалів деталей використані найбільш сприятливо для отримання необхідної міцності, жорсткості, зносостійкості при найменшій його вазі і вартості.

Сучасний розвиток людства пов'язаний з розробкою нових технологій, створенням нових матеріалів для застосування у різних галузях промисловості й подовження терміну служби створюємих деталей, машин, обладнання.

Відмінність харчової галузі від інших галузей полягає в роботі обладнання, яке впливає на якість та безпечність споживання харчових продуктів.

Отже, особливості та властивості технологічних середовищ, їх фізико-хімічні властивості та їх взаємодія з поверхневими шарами робочих органів обладнання тощо, визначають характер і особливості зношування обладнання. Так, технологічні середовища, які відзначаються значною хімічною і поверхневою активністю, якими являються в основному харчові середовища, особливо впливають на процес зношування елементів деталей та його інтенсивність.

Одним з важливих етапів у розвитку металургії було створення й освоєння корозійно-стійких легованих /нержавіючих/ сталей.

Нержавіюча сталь – це складнолегована сталь, достатньо стійка проти

корозії у так званих агресивних середовищах, у тому числі в атмосферних умовах. Основним легуючим елементом є хром (Cr (12 – 20 %)).

Переваги нержавіючих сталей, що надають їм широкого застосування у харчовій галузі, наступні:

1. Технологічність – вони мають дуже високу пластичність, тому її широко застосовують для деталей, виготовлених глибокою витяжкою. Опір корозії – є різновиди сталей, які здатні чинити опір корозії не тільки в нормальних атмосферних і водних умовах, але й у багатьох кислотах, лугах і деяких хлористих розчинах.
2. Міцність – механічні властивості нержавіючих сталей дозволяють зменшити товщини і вагу виробів без зниження міцнісних характеристик.
3. Гігієна – нержавіюча сталь є найбільш гігієнічною поверхнею для приготування харчових продуктів.
4. Естетичний вигляд – ярка, легко обслуговуюча поверхня нержавіючої сталі забезпечує привабливий і сучасний зовнішній вигляд виробів.

У пивоварній галузі найчастіше застосовують аустенітні сталі – не магнітні матеріали. В доповнення до хрому останні містять нікель, який збільшує опір корозії. До цієї групи відносять нержавіючі сталі з підвищеним складом нікелю (10 – 20 %) і хрому (17 – 25 %), вони мають кращий опір окисленню при високих температурах. Основною перевагою аустенітної структури є і високі механічні властивості.

Розглянемо нержавіючу сталь 08X18H10. Хімічний склад:

- кремній (Si), не більше – 0,8 %;
- мідь (Cu), не більше – 0,3 %;
- марганець (Mn), не більше – 0,2;
- нікель (Ni) – 9 – 11 %;
- титан (Ti), не більше – 0,5 %;
- фосфор (P), не більше – 0,035;

- хром (Cr) – 17 – 19 %;
- сера (S), не більше – 0,02 %.

Властивості сталі 08X18H10, яка широко використовується при виготовленні обладнання у пивоварній галузі, наступні - легко піддається зварюванню, стійка до міжкристалевої корозії.

Широке застосування сталі 08X18H10 знаходить своє місце також для виготовлення: установок для харчової, хімічної, текстильної, нафтогазопереробної й фармацевтичної промисловості.

Зварюваність: без обмежень. Спосіб зварки: РДС – електроди ОЗЛ – 8, ОЗЛ – 12.

T	$E \cdot 10^{-5}$	$a \cdot 10^6$	l	r	C	$R \cdot 10^9$
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1.96		17	7850		800
100		16			504	
200		17				
300		17				
400		18				
500		18				
T	$E \cdot 10^{-5}$	$a \cdot 10^6$	l	r	C	$R \cdot 10^9$

Пивне сусло, дріжджі являються сильним корозійно-активним середовищем (рН= 6,0...4,2), отже однією з головних вимог до матеріалу, що застосовується для виготовлення такого технологічного обладнання є висока корозійна стійкість.

Сталь 07X16H6 (X16H6) сортова (ГОСТ 5949-75) є основним матеріалом для деталей сепараторів, що працюють в агресивних середовищах. Являється високоміцним корозійностійким матеріалом. Замінником може слугувати титан та титанові сплави ВТ14, ВТ16.

Сплав алюмінієвий деформований Д16 (ГОСТ 4784-74) є матеріалом для тарілок сепараторів, як високонавантажених елементів конструкції обладнання.

Бронза олов'яниста лита БрО10Ф1 (ГОСТ 613-79) використовується для виготовлення шестерень, втулок сепараторів, як деталей високонавантажених вузлів пар тертя, працюючих в агресивних середовищах.

Сталь вуглецева конструктивна 40 (ГОСТ 1050-74) використовується для виготовлення валів сепараторів тощо, та не відповідальних деталей та вузлів..

6. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання

6.1. Монтаж сепараторів

Сепаратори відносяться до обладнання із швидко обертаючим робочим органом та небезпечними при їх експлуатації. Тому, вимоги до його монтажу висуваються високі. Щоб витримати їх при збірці найкраще, коли це обладнання поступає на монтаж у зібраному вигляді або у вигляді окремо зібраних блоків. Так, останні поступають упакованими у дерев'яну тару зі знятим барабаном. Барабан у зібраному вигляді й ковпак прикріплені окремо до днища ящика. Встановлення сепараторів виконується тільки на фундаменті. Заборонено встановлювати на міжповерхових перекриттях та металоконструкціях. Загальні вимоги до фундаментів для сепараторів, а також правила прийому сепараторів в монтаж обумовлені в СНіП. Усі монтажні роботи, пов'язані із облаштуванням фундаменту та його встановленням супроводжуються оформленням відповідних Актів.

До початку монтажу сепаратора проводять розконсервацію обладнання, яка передбачає перевірку по заводській документації виконання заводом-виробником контрольної зборки, стендових та інших випробувань у відповідності з технічними умовами на його виготовлення та поставку, а також наявність в паспорті запису про результати випробувань. Прийом сепаратора в монтаж проводиться після зовнішнього огляду без розбирання його на вузли та деталі. Перевіряється комплектність та відповідність обладнання заводським специфікаціям або відправним та упакованим звітам; відсутність пошкоджень, поломок, тріщин та інших видимих дефектів сепаратора; наявність та комплектність технічної документації заводу-виробника, необхідної для виконання монтажних робіт.

Встановлення сепаратора виконують на завчасно підготовлений фундамент та закріплюють за допомоги анкерних болтів. Анкерні болти

виставляють таким чином, щоб вони вільно розташовувались в отворах фундаментної плити. В противному випадку не буде гарантована плавна компенсація коливань сепаратора при його роботі. Анкерні бовти заливають бетоном та витримують не менше 72 годин.

При установці на комплектно – поставляему раму анкерні бовти вставляються в її отвори та прикручуються гайками. Раму вивіряють в горизонтальній та вертикальній площині за допомоги пластин. Виставивши раму в двох взаємно перпендикулярних напрямках з точністю не менше 0,1 мм на 1 м довжини, анкерні бовти заливають бетоном, витримуються на протязі 72 годин та після додаткової перевірки правильності установки заливають бетоном раму. Після затвердіння бетону, приступають до монтажу фундаментної плити. Для цього на ввернуті в раму шпильки надягають комплект деталей нижніх гумових амортизаторів, встановлюють фундаментну плиту, зверху якої надягають комплект деталей верхніх гумових амортизаторів.

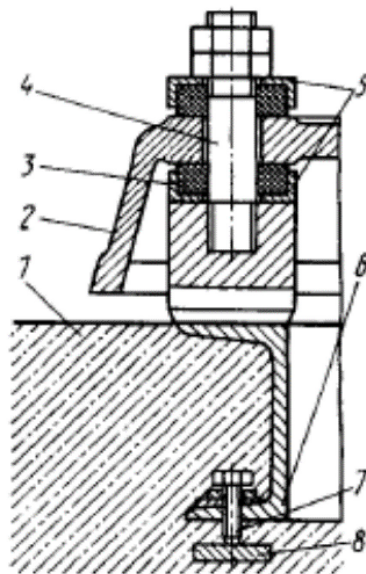


Рис. 6.1.– Схема монтажу сепаратора

1-фундамент; 2-фундаментна плита; 3-прокладка; 4-шпилька М20х100;
5-шайба; 6-рама; 7-болт М16х60; 8-пластина 45х45мм.

Після цього проводять вивірку обладнання у двох взаємно перпендикулярних напрямках шляхом вкладання на верхню проточену кромку чаші станини повірочної лінійки з монтажним рівнем. При необхідності дозволяється застосування монтажних прокладок з листової сталі, які вставляються між фундаментом і шайбами нижніх амортизаторів. Точність установки сепаратору повинна бути не менше 0,1мм на 1м довжини.

Після під'єднання до електромережі перевіряють напрям обертів ротора електродвигуна. Останній повинен відповідати напрямку стрілки, вказаної на сепараторі. Встановлюють на вертикальний вал барабан, монтують збірники для прийому і відводу дріжджового концентрату і фугату, з'єднують патрубки сепаратора за допомоги гнучких вставок з технологічним продуктопроводами.

Сепаратор випробовують холостою ходою протягом 1 години. Їх проводять при вивернутих стопорних гвинтах і обтиснутих гальмівних колодках. На початку випробування (період розгону) вібрація сепаратора й нагрівання фрикційних муфт вважається нормальним явищем. Необхідне число обертів сепаратор повинен набрати протягом 5-6 хвилин після пуску, далі вібрація повинна зникнути.

6.2. Характерні несправності сепаратора та способи їх усунення

<i>Несправності</i>	<i>Причини виникнення</i>	<i>Способи усунення</i>
<i>Сильна вібрація</i>	<i>1.Неправильно зібраний барабан</i>	<i>1.Розібрати та зібрати правильно</i>
	<i>2.Пошкоджені пружини горлової опори</i>	<i>2.Замінити комплект пружин повністю</i>
	<i>3.Пошкоджені підшипники</i>	<i>3.Замінити підшипники</i>
	<i>4.Пошкоджені посадочні конуси</i>	<i>4.Перевірити чистоту посадочних конусів веретена та основи барабана на биття веретена(не більше 0,04мм)</i>
	<i>5.Пошкоджена зубчата передача</i>	<i>5.Замінити зубчатую передачу</i>
	<i>6.Пошкоджені деталі відцентрової муфти</i>	<i>6.Замінити новими</i>
	<i>7.Забилися нерівномірно мундштуки</i>	<i>7.Розібрати барабан та прочистити мундштуки</i>
	<i>8.Перед пуском сепаратора в барабані знаходився осад</i>	<i>8.Розібрати та почистити барабан</i>
<i>Важкий хід</i>	<i>1.Недостатньо масла в картері</i>	<i>1.Долити масло до необхідного рівня</i>

<i>сепаратора</i>	<i>станини</i>	
	<i>2.Пошкоджені підшипники приводу</i>	<i>2.замінити підшипники</i>
	<i>3.Пошкоджені деталі фрикційної муфти</i>	<i>3.замінити новими</i>
	<i>4.Недостатній зазор в щепленні</i>	<i>4.Замінити зубчасту пару</i>
<i>Великий винос дріжджових клітин</i>	<i>1.Завищена продуктивність</i>	<i>1.Зменшити подачу вихідного продукту</i>
	<i>2.Мундштуки забилися осадом</i>	<i>2.Розібрати барабан та прочистити мундштуки</i>
	<i>3.Швидкість барабану менше розрахункової</i>	<i>3.Замінити колодки муфти</i>
<i>Перегрів підшипників</i>	<i>1.Зношені чи пошкоджені підшипники</i>	<i>1.Замінити підшипники</i>
	<i>2.Недостача чи надлишок мастила в картері</i>	<i>2.Перевірити рівень мастила в картері</i>
	<i>3.Брудне мастило</i>	<i>3.Замінити мастило</i>
	<i>4.Слабка посадка підшипників на вал або на корпус</i>	<i>4.Замінити зношені деталі</i>

<i>При пуску та зупинці чутний сторонній шум</i>	<i>1.Пошкоджені пружини горлової опори</i>	<i>1.Замінити комплект пружин</i>
	<i>2.Пошкоджені підшипники приводу</i>	<i>2.Замінити підшипники</i>
<i>Підвищення току при незмінних витратах</i>	<i>1.Знос отворів фільтр</i>	<i>1.Замінити фільтри новими</i>

6.2 Ремонт

Назва обладнання	Тип або марка	Категорія ремонтної складності	Розряд ремонтного циклу	Тривалість, місяці		
				Ремонтного циклу	Міжремонтного періоду	Між оглядового періоду
сепаратор	ОСЯ	1,6	II	20	5	1

Графік планово - попереджувального ремонту сепаратора.

Табл. 6.1.

Види ремонтних та профілактичних робіт та їх трудомісткість по місяцям, нормо- год												Загальна трудомісткість роботи,нормо- год			
												сього	В тому числі		
	I	II	V		I	II	III	X		I	II		люс	тан	н
O/1,36	O/1,36	O/1,36	O/1,36	П/9,76	O/1,36	O/1,36	O/1,36	O/1,36	O/1,36	C/37,6	O/1,36	60,96	44	11,2	1,16

Структура ремонтного циклу

К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К

Таблиця 6.2. Норми трудомісткості ремонтів і оглядів в люд.год на одну умовну ремонтну одиницю

Роботи	Огляд	Види ремонту		
		П	С	К
Слюсарні	0,75	4	16	23
Станочні	0,1	2	7	10
Інші	-	0,1	0,5	2
Всього	0,85	6,1	23,5	35

1. Трудомісткість ремонтного циклу

$$T_{p,ц} = R (35 + 23,5 \sum C + 6,1 \sum П + 0,85 \sum O) \text{ люд.год}$$

R- категорія ремонтної складності

$$T_{p,ц} = 1,6(35 + 23,5 \times 1 + 6,1 \times 2 + 0,85 \times 16) = 134,88 \text{ люд.год}$$

2. Тривалість в місяцях міжремонтних періодів

$$P_{\text{мр}} = \frac{P_{\text{рц}}}{\Sigma C + \Sigma П + 1}, \text{міс.}$$

$P_{\text{рц}}$ - ремонтний цикл

$$P_{\text{мр}} = \frac{20}{1+2+1} = 5 \text{ міс.}$$

3. Тривалість між оглядових періодів

$$P_{\text{мо}} = \frac{P_{\text{рц}}}{\Sigma C + \Sigma П + \Sigma O + 1}, \text{міс.}$$

$$P_{\text{мо}} = \frac{20}{1+2+16+1} = 1 \text{ міс.}$$

4. Необхідна кількість робочої сили

4.1. Для міжремонтного обслуговування

$$Ч_{\text{м.о}} = \frac{\Sigma R}{D}, \text{люди/зміни}$$

$Ч_{\text{м.о}}$ - число явочних робітників, необхідне для забезпечення міжремонтного обслуговування в зміну

ΣR - сума ремонтних одиниць обслуговуючого обладнання .

Приймає за категорію ремонтної складності, $R = 1,6$

D - норма міжремонтного обслуговування в умовних ремонтних одиницях на одного робітника в зміну.

Приймаємо, що $D = 500$.

$$Ч_{\text{м.о}} = \frac{1,6}{500} = 0,0032 \text{ люд./зміну}$$

4.2. Для виконання планових ремонтів

$$Ч_{\text{р}} = \frac{(T_{\text{рк}} \times \Sigma R_{\text{к}} + T_{\text{рс}} \times \Sigma R_{\text{с}} + T_{\text{рп}} \times \Sigma R_{\text{п}} + T_{\text{ро}} \times \Sigma R_{\text{о}})}{\Phi} \times K_{\text{н}}$$

$Ч_{\text{р}}$ - необхідна середньорічна кількість явочних робітників

$T_{\text{рк}}, T_{\text{рс}}, T_{\text{рп}}, T_{\text{ро}}$ - норми трудомісткості на одну ремонтну одиницю для капітального, середнього, поточного ремонтів та огляду в люд.год

$\Sigma R_{\text{к}}, \Sigma R_{\text{с}}, \Sigma R_{\text{п}}, \Sigma R_{\text{о}}$ - загальна річна кількість ремонтних одиниць при капітальному, середньому, поточному ремонтах та огляді

$K_{\text{н}}$ - коефіцієнт виконання норм часу.

Приймаємо $K_H = 0,9$

Φ - ефективний річний фонд часу робітника в годину $\Phi = 2000$

$$\sum R_c = R \times \sum C = 1,6 \times 1 = 1,6 \text{ год.}$$

$$\sum R_n = R \times \sum \Pi = 1,6 \times 1 = 1,6 \text{ год.}$$

$$\sum R_o = R \times \sum O = 1,6 \times 10 = 16 \text{ год.}$$

$$C_p = \frac{(23,5 \times 1 + 6,1 \times 1 + 0,85 \times 10)}{2000} \times 0,9 = 0,017$$

5. Простій обладнання

5.1. Простій обладнання при ремонті обчислюється з моменту зупинки на ремонт до моменту приймання його з ремонту по акту.

Тривалість ремонту обладнання в змінах визначається за формулою:

$$A = \frac{T_p \times R \times K_H}{B \times T_c \times C}$$

T_p - норма трудомісткості на ремонт однієї умовної одиниці ремонтної складності в люд.год

R - категорія ремонтної складності

K_H - коефіцієнт виконання норми часу

B - кількість ремонтних робітників, працюючих в одну зміну

T_c - тривалість зміни в годинах

C - змінність роботи на ремонті даного обладнання

На огляд

$$A = \frac{0,85 \times 1,6 \times 0,9}{2 \times 8 \times 1} = 0,0765 \text{ зміни}$$

На поточний ремонт

$$A = \frac{6,1 \times 1,6 \times 0,9}{2 \times 8 \times 1} = 0,549 \text{ зміни}$$

На середній ремонт

$$A = \frac{23,5 \times 1,6 \times 0,9}{2 \times 8 \times 1} = 2,115 \text{ зміни}$$

На капітальний ремонт

$$A = \frac{35 \times 1,6 \times 0,9}{2 \times 8 \times 1} = 3,15 \text{ зміни}$$

5.2 Тривалість простою обладнання в ремонті

$$A = \frac{24 \times R \times \text{Пр}}{T_c}$$

Пр- норма простою обладнання в ремонті на одну ремонтну одиницю.

Пр в одну зміну при огляді - 0,05 , при поточному ремонті – 0,015 , при середньому – 0,42 , при капітальному – 0,8.

На огляд

$$A = \frac{24 \times 0,05 \times 1,5}{8} = 0,24 \text{ зміни}$$

На поточний ремонт

$$A = \frac{24 \times 0,015 \times 1,6}{8} = 0,072 \text{ зміни}$$

На середній ремонт

$$A = \frac{24 \times 0,42 \times 1,6}{8} = 2,016 \text{ зміни}$$

На капітальний ремонт

$$A = \frac{24 \times 0,8 \times 1,6}{8} = 3,84 \text{ зміни}$$

6. Витрати праці на ремонт і профілактичні роботи визначаються по формулі:

$$P = a \times R$$

a- норма часу однієї ремонтної одиниці

R- категорія ремонтної складності

6.1. На слюсарні роботи

На огляд

$$P = a \times R \times n$$

n- кількість одиничних робіт

$$P = 1,6 \times 0,75 \times 10 = 12 \text{ нормо-год}$$

На поточний ремонт

$$P = 1,6 \times 4 = 6,4 \text{ нормо- год}$$

На середній ремонт

$$P = 1,6 \times 16 = 25,6 \text{ нормо-год}$$

6.2 На станочні роботи

На огляд

$$P = 1,6 \times 0,1 \times 10 = 1,6 \text{ нормо- год}$$

На поточний ремонт

$$P = 1,6 \times 2 \times 1 = 3,2 \text{ нормо- год}$$

На середній ремонт

$$P = 1,6 \times 7 \times 1 = 11,2 \text{ нормо- год}$$

По нормативам категорії ремонтної складності R- 1,3. По табл.1 на огляд однієї ремонтної одиниці необхідно 0,85 год, на поточний ремонт- 6,1 год., середній- 23,5 год., капітальний- 35 год. Затрати праці визначаються:

На огляд

$$0,85 \times 1,6 = 1,36 \text{ год}$$

На поточний ремонт

$$6,1 \times 1,6 = 9,76 \text{ год}$$

На середній ремонт

$$23,5 \times 1,6 = 37,6 \text{ год}$$

На капітальний ремонт

$$35 \times 1,6 = 48 \text{ год}$$

По графіку планово-попереджувального ремонту на рік планується 10 оглядів, один поточний та один середній ремонти. Тоді затрати на рік матимуть вигляд:

На огляд – 13,6 год.

На поточний - 9,76 год.

На середній – 37,6 год.

Всього – 60,96 год.

Трудомісткість інших видів робіт з достатньою для практичних

розрахунків точністю можна визначити за формулою:

$$P_{ін} = P_{заг} - (\sum P_{сл} + \sum P_{ст})$$

$$P_{ін} = 60,96 - ((12+6,4+25,6)+(1,6+3,2+11,2)) = 60,96 - 59,8 = 1,16$$

нормо- год.

6.3. Експлуатація обладнання

До пуску обладнання перевіряють наявність, кількість мастила та правильність приєднання трубопроводів, а також необхідно переконатися у звільненні гальм і стопорних гвинтів барабана. Час розгону сепаратора повинен відповідати технічним умовам (не більше 7-8 хвилин). Перед подачею продукту через барабан спочатку пропускають гарячу воду для промивання, підігрівання і перевірки його герметичності. Після розгону барабана до робочої частини обертання у гідровузол подається буферна рідина (водопровідна вода).

Процес мийки сепаратора здійснюють після закінчення сепарування. З цією метою через барабан пропускають гарячу воду тривалістю 15 хвилин і розчин каустичної води протягом 10...15 хв. Остаточню мийку барабан промивають протягом 10 хвилин водопровідною водою. Після повної зупинки барабану розбирають приймально-відвідні пристрої і барабан. Всі частини сепаратора, що контактують з продуктом, ретельно промивають і висушують у сухому теплому місці. Станину та інші пофарбовані деталі після сепарування ретельно протирають чистою вологою, а потім сухою ганчіркою. Нефарбовані, але оброблені деталі, треба ретельно витирати і змащувати тонким шаром відповідного мастила.

Сепаратор забороняється пускати, якщо у масляній ванні немає достатньої кількості мастила.

Зубчаті зчеплення шарикопадшипників змащують розбризкуванням мастила з ванни шестернею, що обертається. Для змащування приводу

застосовуюють дизельне мастило М8Б або сепараторні мастила марки Л та Т. Мастило повинно бути чистим, не містити в собі води і твердих частинок. При заливанні мастила необхідно користуватись фільтром. Першу заміну мастила роблять через 15...20 год, другу через 100 год, третю – через 200 год роботи сепаратора. Надалі масло заміняють регулярно, через кожні 300...500 год. Внутрішню порожнину станини і механізм слід періодично промивати гасом, заливаючи його у картер станини і включаючи механізм на 1...2хв для змиття бруду, що залишився. Промивку проводять двічі.

До експлуатації обладнання допускаються особи, які пройшли відповідний інструктаж, ознайомлені із будовою та принципом роботи. Ремонтні роботи дозволяється проводити при вимкнених джерелах живлення. Чистку і мийку обладнання проводити тільки при вимкненому приводі. Збирання і розбирання барабану необхідно проводити тільки з використанням спеціального інструменту, що поставляється в комплекті з сепаратором.

Заборонено відкривати сепаратор під час його роботи, проводити пуск не повністю зібраного сепаратора та при незаземленому електродвигуні, піддавати деталі барабана ударам, зварюванню або місцевому високотемпературному нагріву. Заборонено працювати на сепараторі при сильній вібрації, зменшувати число тарілок барабана, починати сепарування до набирання барабаном робочої частоти обертання. Технічний огляд проводять не рідше одного разу на 7-10 днів. Періодичність обслуговування барабану сепаратора визначається дослідним шляхом при експлуатації сепаратора.

6.4. Міри безпеки при обслуговуванні сепараторів

Збирання та розбирання барабану необхідно проводити лише з використанням інструментів, що поставляються комплектом з сепаратором. Не допускаються до обслуговування випадкові особи, не знайомі з правилами обслуговування сепараторів. Заборонено здійснювати пуск не повністю зібраного сепаратора, завдавати ударів деталям барабану, зварці чи місцевому високотемпературному нагріву, замінювати деталі та вузли одного барабана на окремі вузли та деталі з інших барабанів. На барабанах дозволяється заміна на запасні лише внутрішніх і зовнішніх мундштуків, твердосплавних фільтр, гумових та поліетиленових прокладок, а також тарілок в кількості не більше 10 шт.

Забороняється працювати на сепараторі при сильній вібрації, зменшувати число тарілок в пакеті тарілок барабана, починати сепарування до набору барабаном робочої частоти обертів, запускати в роботу сепаратор при незаземленому електродвигуні, виконувати пуск сепаратора при несправних гальмах, використовувати металічні скребки або щітки при чистці корпусних деталей барабану, вмикати сепаратор при увімкнених гальмах, експлуатувати сепаратор з непідключеним пристроєм блокування.

7. Заходи з охорони праці при експлуатації сепараторів

7.1 .Інструктажі по охороні праці

. Інструктажі на виробництві за часом та характером їх проведення розрізняють - вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, щойно прийнятими на роботу (постійну або тимчасову), незалежно від освіти, стажу роботи за цією професією або посади. Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці. Місце проведення вступного інструктажу - кабінет охорони праці або обладнане наочними матеріалами інше приміщення;

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи. Первинний інструктаж проводиться індивідуально або з групою осіб спільного фаху за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці;

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці із усіма працівниками: на роботах із підвищеною небезпекою - один раз на квартал. Інструктаж проводиться індивідуально або з групою працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі;

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально з окремими працівниками однієї професії (при введенні і дії нових актів по охороні праці, при зміні технологічного процесу, обладнання, сировини). Обсяг і зміст інструктажу визначається в кожному окремому випадку залежно від обставин, що спричинили необхідність його проведення;

Цільовий інструктаж проводиться із працівниками при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо з основними роботами працівника, при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха тощо.

7.2. Аналіз виробничого травматизму

Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на даному підприємстві проводиться власником або уповноваженим ним органом відповідно до Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на підприємствах, в установах і організаціях, затвердженого Кабінетом Міністрів України.

Збір та розроблення державної статистичної звітності з питань виробничого травматизму проводять органи державної статистики. Метою дослідження виробничого травматизму є розроблення заходів до запобігання нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати та узагальнювати їх причини. Для вивчення виробничого травматизму використовують різні методи. Найпоширеніші та взаємодоповнюючі – статистичний, монографічний, економічний, ергономічний та психофізіологічний методи. Для характеристики рівня виробничого травматизму на підприємстві і в галузі використовують кількісні і якісні відносні показники, які застосовані на вивченні первинних документів про травматизм (актів за формулою Н-1 і звітів за формулою 7-тнв).

Статистичні дані свідчать про відносно високий рівень травматизму та професійних захворювань на вітчизняних підприємствах. Він у декілька разів вище, ніж в інших промислово-розвинутих країнах ЄС. Стан охорони праці залишається незадовільним. Проблема виробничого травматизму є дуже гострою – щорічно на виробництві травмується близько 50 тис. чоловік, з них 1,5 тис. гинуть, понад 3,5 тис. отримують професійні захворювання.

7.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації дріжджового сепаратора

8.3.1 Мікроклімат

Самопочуття людини під час виконання будь-якої роботи досягається за певної комбінації параметрів повітря: температури °С; швидкості його руху, м/с; і відносної вологості, %; тепловим

випромінюванням Вт/м². Все це визначається ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Метеорологічні умови виробничого середовища» “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.

При виконанні легкої праці найбільш сприятливими умовами будуть: температура повітря 16-20 °С, відносна вологість 40-60 % і швидкість повітря 0,1 - 0,7 м/с. Для боротьби із переохолодженням ізолюють приміщення від холоду, забезпечують справне опалення, влаштовують повітряні завіси біля дверей, забезпечують робітників теплим одягом.

	Холодний період року:	Теплий період року:
температура повітря	17...19 °С	20...22°С
відносна вологість	не більше 75 %	75 %
швидкість руху повітря	не більше 0,2 м/с	0,1 – 0,3

Приміщення де працює обладнання характеризується відносно високою вологістю. Тому потрібно герметизувати загальні джерела виділення пари і вологи, облаштовувати загальну вентиляцію, місцеві зони витяжки. Для нормування шкідливих речовин в повітрі (загазованості) керуються ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.

7.2.2 Загазованість

Підприємства пивоварної галузі використовують процеси, які пов'язані з утворенням діоксид вуглецю (СО₂). Цей газ утворюється внаслідок бродіння сировини, що містить вуглеводи та деякі інші речовини, які розкладаються під дією мікроорганізмів (дріжджів), утворюючи діоксид вуглецю та інші сполуки, а також при горінні різних видів пального. ГДК діоксиду вуглецю в повітрі складає 0,5%, що відповідає нормі. Велику небезпеку становить для людини оксид вуглецю СО. Згідно з санітарними нормами, ГДК СО становить 20 мг/м³.

7.2.3 Вентиляція

Виробничі приміщення підприємств облаштовуються пливно-втяжною вентиляцією. Обладнання таких витяжних систем, як правило, встановлюються у спеціальних приміщеннях. Обладнанням, яке виділяє вологу і тепло встановлюється із покриттям, облаштовуються притоківі камери.

Системи подачі та відводу повітря виконуються з тонколистової сталі, витяжні - оцинкованої сталі. Рекомендована колова швидкість вентиляторів: відцентрових - до 35 м/с; для осьових - 45 м/с.

7.2.4 Освітлення

Експлуатація електричного обладнання на підприємстві повинно відповідати «Правилам технічної експлуатації споживачів» і «Правилам техніки безпеки при експлуатації споживачів електроенергії». Освітлення повинно відповідати вимогам СНиП П-4-79 "Естественное и искусственное освещение". Виробничі приміщення обладнуються загальним освітленням. На поточних лініях воно локалізоване. Крім робочого освітлення нормами передбачено встановлення аварійного, евакуаційного та охоронного освітлення.

7.2.5 Шум

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». Цей стандарт також встановлює класифікацію шуму, вимоги до шумових характеристик і до захисту від шуму на робочих місцях.

Професія	Рівні звукового тиску дБ, в активних смугах із середньо геометричними частотами, Гц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оператор	103	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Найбільш раціональним методом боротьби з шумом є зменшення його в

джерелах виникнення. З цією метою на підприємстві створюються наступні заходи:

- створюють умови для заміни ударних операцій на без ударні;
- облаштовують звукоізоляцію захисними конструкціями;
- своєчасна замінюють підшипники;
- змащують ударні деталі в'язкими рідинами.

7.2.6. Вібрація

На підприємстві керуються ГОСТ 12.1012-78 ССБТ «Вибрація. Основные требования безопасности», що визначає гігієнічні норми вібрації. В якості засобів індивідуального захисту використовують антивібраційні рукавиці та взуття. Загальні технічні умови до засобів індивідуального захисту від вібрації представлені в ГОСТ 12.4.002-74.

Допустимі рівні ультразвуку в зоні дії контакту рук та інших частин тіла оператора з працюючим сепаратором не повинні перевищувати 110 дБ (ГОСТ 12.1.001-83). Для захисту рук від дії ультразвуку в зоні контакту з твердим (рідким) середовищем необхідно використовувати спеціальні рукавиці чи захоплювачі – маніпулятори. Для захисту інших ділянок тіла – спеціальний одяг з багатошарової тканини, що поєднує хлопок та гуму. Основні заходи до боротьби з інфразвуком – це знешкодження низькочастотної вібрації за рахунок підвищення жорсткості конструкцій та збільшення частоти обертання машин і механізмів.

7.3 Електробезпека

“Правилами улаштування електроустановок” (ПУЕ) та “Правилами техніки безпеки електроустановок споживачів” ГОСТ 12.1.030-81 передбачений захист працівників від дії електричного струму. Згідно з ПУЕ всі виробничі приміщення поділяються залежно від небезпеки ураження людини електричним струмом на 3 категорії.

Так, приміщення цеху виробництва де встановлено сепаратор належить згідно з класифікації ПУЕ до зони з підвищеною небезпекою.

7.4 Пожежна безпека

Пожежо- та вибухонебезпека на підприємстві регламентується ГОСТ 12.1.004-85. ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования", ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. "Взрывобезопасность. Общие требования та ДНАОП 0.01-1.01-95. "Правила пожежної безпеки в Україні".

Пожежа та вибух може статися при утворенні іскри механічного походження, теплового проявлення електричного струму, розрядів статистичного електроструму. Для запобігання виникнення небезпеки необхідно проводити інструктаж працюючих, пожежний нагляд.

Усі виробничі приміщення повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння і пожежним інвентарем, які повинні бути завжди в робочому стані і на видному місці з безперешкодним доступом.

Міри безпеки при обслуговуванні сепараторів:

Збирання та розбирання барабану необхідно проводити лише з використанням інструментів, що поставляються комплектом з сепаратором. Не допускаються до обслуговування випадкові особи, не знайомі з правилами обслуговування сепараторів. Заборонено здійснювати пуск не повністю зібраного сепаратора, завдавати ударів деталям барабану, зварці чи місцевому високотемпературному нагріву, замінювати деталі та вузли одного барабана на окремі вузли та деталі з інших барабанів. На барабанах дозволяється заміна на запасні лише внутрішніх і зовнішніх мундштуків, твердосплавних фільтер, гумових та поліетиленових прокладок, а також тарілок в кількості не більше 10 шт.

Забороняється працювати на сепараторі при сильній вібрації, зменшувати число тарілок в пакеті тарілок барабана, починати сепарування до набору барабаном робочої частоти обертів, запускати в роботу сепаратор при незаземленому електродвигуні та не відцентрованим веретеном, виконувати пуск сепаратора при несправних гальмах, використовувати металічні скребки або щітки при чистці корпусних деталей барабану,

вмикати сепаратор при увімкнених гальмах, експлуатувати сепаратор з невідключеним електричним блокуванням.

Висновок

Безпека виробничих процесів забезпечується: вибором технологічного процесу, а також прийомів, режимів роботи і порядку обслуговування виробничого обладнання; вибором виробничих приміщень та площадок; вибором вихідних матеріалів, заготовок чи напівфабрикатів, а також способів їх зберігання та транспортування (в тому числі готової продукції і відходів виробництва); вибором виробничого обладнання і його розміщення; розподілення функцій між людиною та обладнанням в цілях обмеження важкості праці.

Велике значення для забезпечення безпеки має професійний відбір та навчання працюючих безпечним прийомам праці, правильне використання ними засобів захисту. Для нормальної роботи обслуговуючого персоналу в приміщеннях потрібно постійно тримати параметри повітря, які є оптимальними для праці, з цією метою необхідно забезпечити витоково-притяжну вентиляцію. На підприємстві необхідно постійно проводити інструктажі з охорони праці, щоб персонал усвідомлював, що виконання вимог із охорони праці сприятиме зниженню виробничого травматизму та професійних захворювань на виробництві.

8. Охорона довкілля

9.1. Відходи пивоварного виробництва.

Солодові паростки. Кількість паростків, які отримують при виробництві пива, залежить від тривалості й умов солодовирощування. Це приблизно 3,5 – 5 % від маси готового солоду при виробництві світлого солоду та близько 6 % – темного. У солодових ростках світлого солоду міститься чистого білкового азоту 3,5 %, розчинного азоту – 1,1, пентозанів – 19, сахарози – 7,6, розчинного екстракту – 36 %.

Кормова цінність солодових паростків у 3,5 рази вища, ніж сіна. Вони є добрим кормом для дійних корів і молодняка, їх згодовують тваринам у суміші з об'ємистими грубими кормами. Паростки також використовують при виготовленні лікарських засобів. Вони дуже гігроскопічні. При надлишковому зволоженні швидко пліснявіють, псуються і стають отруйними. Ось чому їх слід зберігати в мішках у сухих вентильованих приміщеннях.

У зв'язку з вмістом у солодових паростках великої кількості азотистих речовин у перспективі їх можна використовувати як складову частину живильних середовищ для вирощування мікроорганізмів.

Зернові відходи. Отримують при очищенні, сортуванні та мийки та замочуванні зерна. Їх кількість залежить від якості ячменю, що надходить у виробництво.

Зернові відходи, які одержують при сортуванні (III сорт ячменю) і які задовольняють вимогам фуражного ячменю, здають в обмін на ячмінь пивоварний. Сплав і зернові відходи використовують у господарствах на корм худобі.

Пивна дробина солодова. У відходах пивоварного виробництва виявлено понад 25 % поживних речовин вихідної сировини, більша частина яких припадає на солодово-зернову дробину.

Влітку, коли виробництво пива збільшується, а в господарствах

з'являються зелені корми, попит на дробину для відгодівлі тварин значно зменшується. У зв'язку із тим, що у пивній дробині багато вологи і білкових речовин, що сприяють її псуванню, її потрібно якомога швидше утилізувати. Сушіння дробини – надзвичайно енергоємний процес. Винайдений кращий спосіб її зберігання – зневоднення до вологості 60 – 70 % за допомоги спеціального обладнання - преса із робочим органом у вигляді конічного шнека. Таку дробину фасують у поліетиленові мішки, які герметично закривають і пресують. Отже, дробина консервується і може зберігатися протягом тривалого часу.

Дробина хмелева – продукт відходу освітлення гарячого охмеленого пивного сусла. Він є менш цінний відхід, поки що не набув ефективного застосування. Безводної хмелевої дробини одержують 60 % від заданого в сусло хмелю.

Через дуже виражений гіркий хмелевий смак худоба не споживає корм з хмелевою дробиною, якщо і додати її навіть у невеликій кількості. На ряді заводів хмелеву дробину спалюють у топці разом із вугіллям, а в деяких місцевостях її використовують у сільському господарстві як підстилку для худоби або при виготовленні компосту. Кращий спосіб використання хмелевої дробини – це одержання з неї біогазу.

Білковий відстій. Отримують при охолодженні та освітленні сусла на у відстійному апараті, гідроциклоні або сепараторі. Він складається переважно з білково-дубильних сполук, що виділилися із сусла під час його кип'ятіння з хмелем або при охолодженні.

Білковий відстій на всіх підприємствах будь-якої потужності доцільно додавати до пивної дробини і реалізувати разом із нею у господарства або переробляти в біогаз.

Надлишкові пивні дріжджі – продукт відходу при освітленні зброженого готового пива. Являє собою високоякісний харчовий продукт, що складається з легкозасвоюваних білків, вуглеводів, жирів і багатий на

вітаміни. Вони є одним із кращих природних джерел одержання всіх вітамінів комплексу В.

Відмиті дріжджі в пресованому вигляді відправляють на кондитерські фабрики з метою виготовлення спеціальних сортів печива. Для медичних потреб їх сушать і випускають у вигляді таблеток або порошку.

9.2. Екологічні вимоги до виробництва пива.

Охорона навколишнього середовища вимагає сьогодні від підприємств різноманітних заходів щодо зменшення або взагалі усунення шкідливого впливу на навколишнє середовище. З цією метою забезпечують екологічні аспекти, які передбачають при модернізації старих виробничих установок, так і при проектуванні нових застосування мінімально забруднюючої технології. Економічно та доцільно при цьому застосовувати екологічне управління, метою якого є систематичне й планомірне запобігання джерелам дії шкідливих речовин на технологію і середовище. Доцільно використовувати екологічно чисту сировину, сприяти впровадженню екологічно чистої технології, що мінімально забруднює середовище і кінцевий продукт.

Важливим для підприємств є показник кількості шкідливих речовин у відходах на одиницю об'єму пива, що випускається. Пивоварні підприємства відрізняються від більшості інших підприємств харчової промисловості тим, що в стічній воді міститься велика кількість органічних речовин. Склад стічної води пивзаводів призводить до нестабільної величини рН (6,5 – 10) та високої температури конденсату від охолодження суслу й інших потоків.

Для переважної більшості пивоварних заводів створення системи екологічного управління як частини розширеної системи управління якістю продукції є своєрідним важелем для забезпечення постійного поліпшення

екологічного становища.

Фахівці пивоварної галузі повинні у своїй діяльності дотримуватися наступних вимог:

- зробити початковий екологічний аналіз;
- запланувати та впровадити екологічну політику;
- створити систему екологічного управління;
- визначити екологічні цілі;
- скласти план екологічних заходів;
- створити й провести внутрішній екологічний аудит;
- постійно складати екологічні звіти.

Наявність у пиві залишків пестицидів може вплинути на його смакові властивості. У ряді випадків пестициди або продукти їхнього розпаду містяться у пиві в значній концентрації, що є загрозою для здоров'я людей. Тому потрібно встановити гранично допустиму залишкову кількість пестицидів у пиві та сировині – солоді й хмелі. Необхідний також контроль за вмістом пестицидів у дріжджах.

Існуюча у промисловості нормативна-технічна документація щодо виробництва солоду та пива, яка ґрунтується на розробках “Укрпиво” та Науково-дослідного інституту пивобезалкогольної і виноробної промисловості (НДПБ і ВП), спрямована на поліпшення якості пива та санітарно-мікробіологічного стану виробництва. Вона дає змогу одержати пиво з високими якісними показниками, що відповідають світовому рівню.

Висновки

В результаті виконання магістерської роботи було проведено теоретичне дослідження процесу освітлення пивного сусла за допомогою відцентрового сепаратора. З цією метою був проведений порівняльний аналіз існуючих технічних та технологічних рішень в цьому напрямку та обраний найбільш перспективний на сьогоднішній спосіб отримання освітлення пивного сусла за допомогою сепаратора.

Створена математична модель процесу гідродинаміки освітлення пивного сусла та за допомогою програмного комплексу FlowVision досліджено роботу сепаратора при різних швидкостях обертання робочого органу. Виявлені вплив та залежність між собою основних факторів, що впливають на ефективність роботи обладнання.

За результатами досліджень отримані числові значення та рівняння регресії, які можуть бути використані в практиці пивоваріння, а також у проектуванні та створенні нового та удосконаленні існуючого обладнання.

Список використаної літератури

1. Вольфганг Кунце : Технология солода и пива, Издательство: Профессия, Год: 2009 – 680 с.
2. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: Підручник. – Київ: Фірма "ІНКОС", 2004. – 426 С.
3. Попов В.И., Кретов И.К., Стабников В.К. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. – М.: Легк. и пищ. про-сть. 1983. – 464 с.
4. Балашов В.Е. Дипломное проектирование предприятий по производству пива и безалкогольных напитков.– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 288 с.
5. Ф. Главачек, А. Лхотский. Пивоварение. – Москва: Пищевая промышленность. 1977. – 311 с.
6. М. Мельниченко, С.О. Удодов. Технологічне обладнання галузі: Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.090221 денної та заочної форм навчання. – К.: НУХТ, 2008. – 74 с.
7. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л. Яровой и др.; Под ред. А.И. Соколенко. – К.: АртЭк, 2004.- 304 с.
8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т., Т.1. – М.: Машиностроение, 1982.- 736 с.
9. Харламов С.В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. – Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1991.- 256 с., ил.
10. Гальперин Д.М., Миловидов Г.В. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств.- М.: Агропромиздат., 1990. – 399 с.
11. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф., Вендичанський В.Н,

Литвиненко А.М., Іваненко О.В. Основи охорони праці. – К.: Основа, 2000. – 416с.

12. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Граноеский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. -М.: Наука, 1976. - 280 с.

13. Алиев ТА. Экспериментальный анализ. - М.: Машиностроение. 1991.-272 с.

14. Патент на корисну модель № 77476 – Гідроциклонний апарат для очищення води від важких домішок, що містить циклонну камеру із засобами для підведення та відведення води.

15. Патент на корисну модель № 46886 – Заторно-суловарильно-фільтраційно-гідроциклонний апарат.

16. Патент на корисну модель № 37017 – Гідроциклонний апарат.

17. Патент на корисну модель № 56316 – Суловарильно-гідроциклонний апарат.