

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХФВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Дослідження процесу та удосконалення конструкції апарату для пророщування солоду барабанного типу

Виконав: здобувач _____ курсу, групи _____

Ткач Володимир Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Теличкун Володимир Іванович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництв
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

МАХФВ

проф. Гавва О.М.

“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ткач Володимир Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу та удосконалення конструкції апарату для пророщування солоду барабанного типу

керівник роботи Теличкун Володимир Іванович, к.т.н., професор,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “09” листопада 2020 року №935-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021

3. Вихідні дані до роботи Наукова, навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналітичний огляд конструкцій існуючого обладнання і технологій. Об'єкт та методики досліджень. Моделювання процесу отримання солоду в апараті барабанного типу. Удосконалення конструкції апарату для пророщування солоду барабанного типу. Монтаж, ремонт та експлуатація апарату для пророщування солоду. Охорона праці. Розрахунок економічної ефективності. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд апарату для пророщування солоду, Шнековий зворушувач, Опорні катки

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Аналітичний огляд конструкцій існуючого обладнання і технологій	20.11.2020	Виконано
2	Об'єкт та методики досліджень	25.11.2020	Виконано
3	Моделювання процесу отримання солоду в апараті барабанного типу	30.11.2020	Виконано
4	Удосконалення конструкції апарату для пророщування солоду барабанного типу	05.12.2020	Виконано
5	Монтаж, ремонт та експлуатація апарату для пророщування солоду	03.01.2021	Виконано
6	Охорона праці	10.01.2021	Виконано
7	Розрахунок економічної ефективності	20.01.2021	Виконано
8	Висновки;	25.01.2021	Виконано
12	Графічна частина	25.01.2021	Виконано

Здобувач Ткач В.І
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи Теличкун В.І
(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Метою досліджень в роботі є аналіз теоретичної бази, що лежить в основі процесів пророщування зерна у виробництві солоду, та розробка пропозицій по удосконаленню технологічного обладнання.

Методи досліджень включають в себе аналітичне моделювання процесів провітрювання шарів солоду, з теоретичною перевіркою перевіркою отриманих результатів.

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано можливості кондиціонування солоду. Також було запропоновано конструкцію апарату барабанного типу, що дозволяє зменшити простір, що займає обладнання.

Магістерська робота складається з 90 аркуша пояснювальної записки та 3-х листів креслень формату А4, на яких наведено загальний вигляд апарату, загальний вигляд шнека розвантаження та детальні креслення катків.

Ключові слова: солод, барабанний апарат, барабанний солодоростильний апарат з ситчастими трубками, барабанний солодоростильний апарат з плоским ситом.

ANNOTATION

The purpose of research is the analysis in the theoretical framework that underlies the process of germination of grain in the production of malt, and develop proposals on improvement of technological equipment.

Research methods include analytical modeling processes airing layers malt, with theoretical previrkoyu check the results.

On the basis of the theoretical and experimental studies scientifically proved possibilities conditioning malt. It was also suggested drum machine design that reduces the space that occupies equipment.

Master consists of 90 explanatory note sheet and a bit A4 sheets of drawings which depicts a general view of the equipment, the general appearance unloading auger and detailed drawings rollers.

Keywords: malt, drum machine, drum machine with solodorostylyy sytchastymy pipes, drum machine solodorostylyy flat sieve.

ЗМІСТ

Анотація	
Вступ	6
1. Аналітичний огляд конструкцій існуючого обладнання і технологій	10
1.1.Особливості технології виробництва солоду	10
1.2. Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва солоду	11
1.3.Класифікація обладнання для пророщування солоду	15
1.4. Аналіз конструкцій апаратів для пророщування солоду	15
2. Об'єкт та методики досліджень	29
2.1.Конструкція обладнання, як об'єкт досліджень	29
2.2 Методи досліджень	32
3. Моделювання процесу отримання солоду в апараті барабанного типу	41
3.1 Призначення програмних комплексів	41
3.2 Розробка геометричної моделі	41
4. Удосконалення конструкції апарату для пророщування солоду барабанного типу	53
4.1 Будова та принцип роботи обладнання	53
4.2. Розрахунок апарата для пророщування солоду	55
5. Монтаж, ремонт та експлуатація апарату для пророщування солоду	66
5.1.Монтаж апарата для пророщування солоду барабанного типу	66
5.2. Технічне обслуговування апарату	66
5.3. Ремонт апарату для пророщування солоду	69
6. Охорона праці	72
7. Розрахунок економічної ефективності	80
Висновки	91
Список використаної літератури	92

ВСТУП

Солод – це попередньо замочене, пророщене в штучних умовах та збагачене активними ферментами, зерно з різних видів зернових культур [1].

Під солододорощенням слід розуміти пророщування різних видів зерна у спеціально створюваних і регульованих умовах. Кінцевий продукт пророщування називається свіжопророслим солодом. У результаті в'ялення, а потім сушки він перетворюється у сушений солод. В залежності від виду висушування розрізняють такі типи солоду : світлий, темний, карамельний; палений.

Ціль солододорощення головним чином заключається у отриманні ферментомісних продуктів.

Продукти пророщування з високим вмістом ферментів застосовуються у вигляді свіжопророслого солоду для оцукрювання крохмалевмісної сировини (ячмінь, кукурудза, жито, картопля), в хлібопекарській галузі для підвищення газоутворюючої здатності борошна і отримання хорошого кольору хліба, в текстильній промисловості та ін. [1, 2]. Широкого застосування солод знайшов у харчовій промисловості як носій ферментів, а також завдяки своїм цінним компонентам - для приготування солодових екстрактів, кави та препаратів оздоровчого призначення. Свіжопророслий солод також використовують для оцукрювання крохмалю у виробництві спирту. Однак, найважливішу роль солод відіграє у пивоварінні, тому важливими технологічними процесами є сушіння і термічна обробка солоду, що надає йому особливого аромату, кольору і смаку.

Для приготування солоду теоретично можна використовувати більшість видів зернових культур, так як вони містять одні і ті ж групи речовин, виділяють при пророщуванні відповідні ферменти і дають схожі кінцеві продукти. Однак, для виготовлення пивоварного солоду найкращим є ячмінь, тому що він:

- 1) менш вимогливий до кліматичних умов і ґрунту, ніж пшениця. У середніх широтах навіть при несприятливих погодних умовах тривалість вегетаційного
- 2) періоду достатня для нормального росту і розвитку ячменя;
- 3) пророщування ячменю порівняно легко регулювати;

4) кількісне співвідношення виділених при пророщуванні ферментів позитивне для бажаних перетворень речовин, які знаходяться у зерні;

5) квіткові (м'якушеві) оболонки ячмінного солоду утворюють рихлий фільтрувальний прошарок, який сприяє найбільш повному відділенню розчину екстракту (сусла) від залишків (подрібнення);

6) по смаковим і технологічним якостям пиво, отримане із ячменю, перевершує пиво із будь-якого іншого зерна.[11]

Виробництво солоду та пива є традиційною галуззю АПК України, що має стародавню історію. В сучасному баченні увага спеціалістів зосереджується на підвищенні якісних показників продукції, підвищенні стійкості продукції, зниженні питомих енергетичних витрат. Пивоварна галузь, у тому числі і у частині виробництва солоду, є енерговитратною, тому кроки у напрямку обмеження енерговитрат підвищують конкурентну здатність, обмежують екологічний тиск, підвищують рентабельність виробництва.

Сукупні потужності основних гравців на ринку солоду України оцінюють у 535 тис. т за потреби 360 тис. т в 2011 р., 310-320 тис. т-у 2012 й 300 тис. т-у 2013 рр. За наявності перехідних запасів близько 100 тис. т виробництво солоду в ці роки становило 400-460 тис. т, а завантаження потужностей-75-85%. До лідерів належать солодовні Soufflet Group і конкурент Malteurop (традиційний партнер SUN-InBev).

Пивоварна компанія "Оболонь" нарощує солодові потужності не тільки для того, щоб максимально задовольнити власні потреби, а й щоб торгувати солодом на вільному ринку. Найсучаснішу в Україні солодовню-ПАТ "Оболонь"-було збудовано за два роки, і вже тепер її виведено на повну потужність-понад 120 тис. т солоду за рік. [20]

Тому було запропоновано конструкцію апарату барабанного типу, що дозволяє проводити всі основні технологічні процеси отримання солоду в меншому об'ємі. [10,12] За основу взяті конструкції барабанних апаратів, що застосовуються в пивоварній промисловості ведучих в цій галузі країнах світу, зокрема в Німеччині.

Створення даної конструкції мало на своїй меті підвищення якості готової продукції, зниження енерговитрат, збільшення ефективності використання робочої площі, зменшення габаритів апарата.

Актуальність теми.

Використання нового обладнання, зміна технології, порівняно з традиційними схемами, призводять до того, що стає неможливим застосовувати існуючі рішення, технологічні режими обробки. Тому процеси провітрювання та пророщування, потребують ґрунтовного дослідження і аналізу. З урахуванням їх результатів удосконалюється апаратурне оформлення підприємств і надаються рекомендації щодо раціональних режимів роботи обладнання.

У процесі виконання роботи було проаналізовано літературні джерела, сформульовано завдання досліджень, виконано моделювання процесів, які відбуваються при пророщуванні солоду в апаратах барабанного типу, оброблено та проаналізовано отримані результати.

Мета і задачі досліджень. Метою магістерської роботи є підвищення ефективності процесів аерації в апаратах для пророщування солоду барабанного типу.

Відповідно до поставленої мети сформульовані основні задачі досліджень:

- удосконалити обладнання, щоб зменшити металоємність конструкції;
- провести моделювання процесу перемішування і аерації при роботі солодоростильного апарата;
- на основі отриманих результатів рекомендувати раціональні конструктивні параметри апарата та режими його роботи;
- дати рекомендації для розробки лінії для виробництва солоду, до складу якої входить солодівня;
- розрахувати показники економічної ефективності впровадження обладнання для виробництва солоду.

Об'єктом досліджень є процеси аерації, що відбуваються при пророщуванні солоду і обладнання для їх проведення.

Предметом досліджень є режими проведення процесів аерації, а також конструктивні параметри апарата.

Дослідження виконані *методами* математичного моделювання. Для розроблення геометричних моделей використана програма Компас-3Д (з можливостями оформлення проектної й конструкторської документації відповідно до стандартів серії ЕСКД і СПДБ); для проведення імітаційного моделювання – пакет прикладних програм FLOWVision.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- проаналізовано вплив конструктивних параметрів апарата і режимів його роботи на процес аерації;
- отримано залежність аерації від куту нахилу солоду

Практичне значення одержаних результатів. В кваліфікаційній роботі використано науково обґрунтований підхід до конструювання обладнання і визначення впливу його основних – режимних параметрів на процеси, що протікають в ньому. Удосконалена конструкція апарата, в якому процес аерації проходить більш рівномірно та ефективно.

Особистий внесок магістранта полягає в наступному: обґрунтовано конструкцію апарата для пророщування солоду барабанного типу; виконано імітаційне моделювання процесу аерації.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Особливості технології виробництва солоду

Технологічні вимоги до пророщування зерна характеризуються наступними показниками: температурою, при якій відбувається пророщування зерна на окремих стадіях; вмістом вологи в зерні; співвідношенням кисню і діоксиду вуглецю в шарі зерна на окремих стадіях пророщування; тривалістю пророщування. [6]

На морфологічні зміни зерна і на глибину його розчинення впливає інтенсивність аерації зерна при пророщуванні. Слабка аерація уповільнює зростання корінців, і розчинення ендосперму протікає швидше. Інтенсивна аерація сприяє зростанню корінців і листової частини зародка, але при цьому посилюється дихання і витрачається більше поживних речовин.

Активація та утворення ферментів. У стиглому зерні менша частина ферментів знаходиться в активному стані, а велика частина пов'язана з білками і тому не активна. При проростанні зерна білки під дією протеолітичних ферментів розщеплюються і пов'язані з ними ферменти переходять у вільний, активний стан. Дія геміцеллюлазу робить доступним вміст крохмальних зерен для впливу α -амілази. Накопичення ферментів відбувається і в результаті новоутворення в алеїроновому шарі і зародку. Значну роль у цьому відіграє гіберелова кислота (ГК)-ростовоу речовину, що утворюється в проростає зерні.

Ферменти можуть діяти при високих температурах і за відсутності кисню, коли зародок гине. Цю їх здатність використовують при солододорощенні: спочатку проростає зерна подають достатньо кисню для утворення

ферментів, а потім подачу повітря припиняють. При цьому ферменти продовжують діяти, розчиняючи ендосперм, а зародок майже не розвивається. Це дає можливість зменшувати витрати цінних речовин зерна.

Дихання зерна. Пророщування зерна супроводжується інтенсивним диханням-споживанням кисню і утворенням діоксиду вуглецю. Основним матеріалом для дихання служать вуглеводи. [3,4]

Температура, тривалість солодоращення і аерація. Солодоращення при температурі 13-16 °С забезпечує помірне зростання зародка і максимальне накопичення амілолітичних ферментів, при цьому досягається глибокий розпад білкових речовин.

Температура пророщування світлого солоду не повинна перевищувати 18 °С, для темного солоду допускається 21-23 °С. У темному солоді має бути велика кількість амінокислот і моносахаридів, які, взаємодіючи при високій температурі, утворюють фарбувальні речовини, звані меланоїдинами, і ароматичні речовини.

Біологічні та ферментативні процеси при солодоращенні регулюються інтенсивністю аерації. Тому процес солодоращення ділиться на дві стадії: перша (1-4 доба), коли подається достатня кількість повітря, характеризується зростанням зерна і нагромадженням ферментів, друга (5-7 доба), коли подача кисню повітря обмежена, життєдіяльність зародка пригальмовується і відходять основні ферментативні процеси. [9]

1.2 Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва солоду

У різних галузях бродильної промисловості виробництво солоду має специфічний характер відповідно до поставлених до нього вимог.

У спиртовій промисловості солод застосовують для ферментативного гідролізу крохмалевмісної сировини. Для отримання солоду, багатого ферментами, зерно пророщують тривалий час – десять і більше діб. Сирий подрібнений солод у вигляді солодового молока застосовується для оцукрювання заторної маси.

Легкі зерна (сплав) спливають і разом з мийною водою потрапляють в апарат 9. Через добу відміте зерно з апарата 5 разом з водою перекачується насосом 8 в замочувальний апарат 6 і в наступні апарати, якщо вони є. За допомогою насоса 10 дезінфікуючий розчин з бака 7 подається за необхідності в апарат 5. По закінченні замочування ячмінь з водою насосом 8 перекачується в У пивоварній промисловості солод-не тільки ферментний препарат, але й основний напівфабрикат для виробництва пива. Пивоварний солод пророщують 6-8 діб, а потім його піддають сушінню, під час якого йому повідомляються певні смакові якості і стійкість, необхідні для тривалого зберігання. [3]

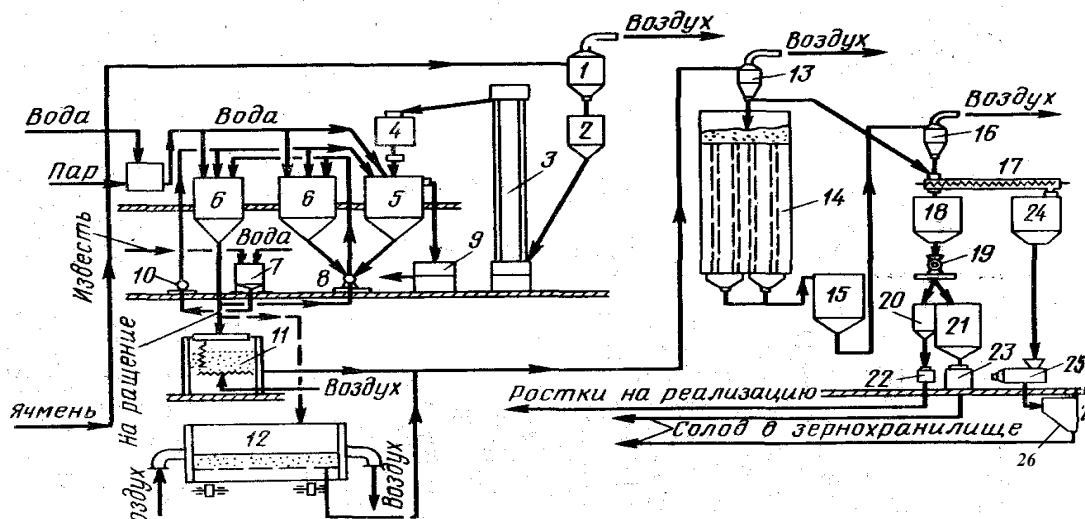


Рис. 1.1– Аппаратурно-технологічна схема виробництва ячмінного солоду: 1-розвантажувач; 2-приймальний бункер; 3-норія; 4, 22, 23-ваги; 5-мийний апарат; 6-замочувальний апарат; 7-бак з дезінфікуючим розчином; 8, 10-насои; 9-бачок для сплаву; 11-пневматичний ящик; 12-солодоростильний барабан; 13, 16-розвантажувачі; 14-

Солодоростильні апарати: пневматичні ящики 11 або солодоростильні барабани 12. Свіжепророзший солод з цих барабанів пневматичною або механічною транспортною установкою подається в розвантажувач 13, звідки-в сушарку 14.

Пневматична установка складається з сопла, трубопроводу розвантажувача зі шлюзовим затвором, а механічна установка включає в себе механічну лопату або шнековий розвантажувач, інерційний транспортер, норію і шнек.

Гарячий солод з сушарки 14 направляється в бункер 15, звідки пневматичним або механічним транспортом-в розвантажувач 16, з нього самопливом-в шнек 17 і через приймальний бункер 18-у паростках-відбійну машину 19. Відокремлені паростки збираються в бункері 20, потім їх зважують на вагах 22. Солод переміщається в бункер 21, далі через ваги 23-у зерносховище. При необхідності частина свіжепророзшого солоду, минаючи сушилку, шнеком 17 подається через приймальний бункер 24 в обжарочний апарат 25. Готовий темний солод накопичується в бункері 26, звідки пневматичним або механічним транспортом направляється в зерносховище.

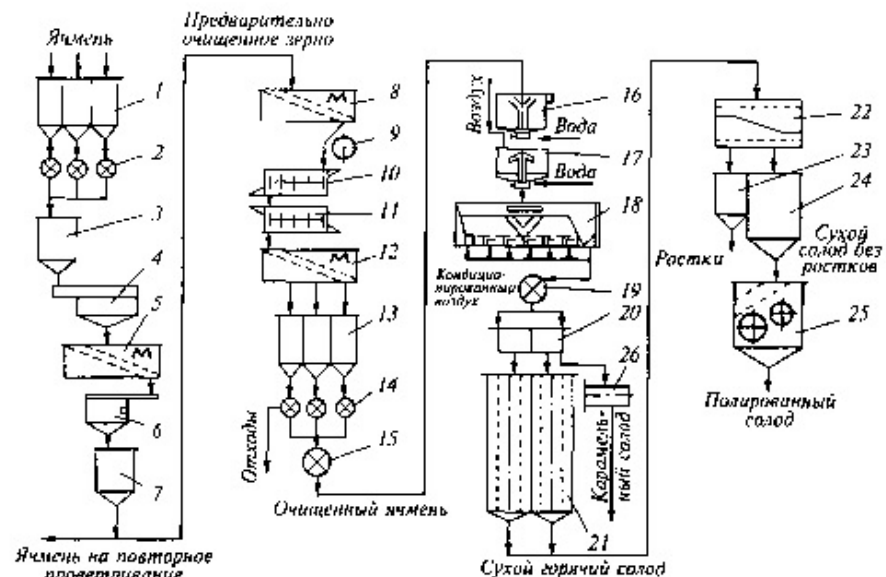


Рис 1.2 Апаратурно технологічна схема виробництва солоду: 1, 13- бункери; 2- перемикачі потоку; 3-проміжний бункер; 4, 5-автоматичні ваги; 5-повітряно-ситові сепаратори; 7- силос; 8 - повітряно-ситовий сепаратор; 9- магнітний сепаратор; 10, 11 – трієри; 12 – ситова машина; 14- розподільники потоку; 15- дозатор; 16- апарат; 17- замковий апарат; 18- солодоростильний апарат; 19- живильник; 20- камера підв'ялювання; 21-сушарка; 22-ростковідбійна машина; 23- силос для ростків; 24- силос для солоду; 25- полірувальна машина

Будова та принцип роботи лінії. За прийнятою у виробництві схемою надійшов на підприємство ячмінь завантажується в бункер 1 на зберігання, звідти за допомогою перемикачів потоку 2 подається в проміжний бункер 3, з якого

після зважування на вагах 4 ячмінь подається на первинне очищення в повітряно-ситових сепараторах 5. Попередньо очищене зерно зважується на вагах 6 і направляється в силос 7, де зберігається до моменту вторинної переробки. При необхідності провітрювання ячмінь з силосу 7 направляється знову в бункер 1. [7]

Вторинна очистка ячменю передбачає повітряно-ситову сепарацію в машині 8, відділення феромагнітних домішок в магнітному сепараторі 9, відбір домішок і вівса в трієрах 10 і 11 і поділ ячменю по крупності в ситовій машині 12. Фракції ячменю I та II сортів збираються в бункерах 13, а фракція III сорту направляється на корм худобі. На виході з бункерів 13 встановлені розподільники потоку 14. [9]

Очищений та відсортований ячмінь в певній кількості дозатором 15 засипається в мийний апарат 16, де відмивається від забруднень та за необхідністю обробляється дезінфікуючими засобами. В апарат 16 подаються вода і повітря, яке забезпечує перемішування зерна. Легке зерно та дрібні домішки (сплав) під час миття спливають на поверхню і видаляються разом з мийною водою. Вимите зерно перекачується в замочувальний апарат 17, де його вологість підвищується до 41...42%. Після закінчення замочування зерно з водою перекачується в апарат 18 для пророщування солоду, де ячмінь пророщується протягом 6...8 діб. У ньому зерно продувається повітрям з відносною вологістю 96...98% і температурою 12 °С. При необхідності зерно зрошується водою температурою 12 °С. Температура зерна при цьому повинна становити 14 ... 18 °С.

З солодоростильного апарату 18 продукт живильником 19 завантажується в камеру підв'ялювання 20, а потім у вертикальні сітчасті канали сушильного апарату 21. Сушильний апарат має до чотирьох зон, завдяки чому тепле повітря кілька разів проходить крізь шар солоду. Температура повітря становить 40 ... 85 °С, тривалість сушіння - 24 ... 36 год залежно від конструкції сушарки.

Сухий гарячий солод після сушильного апарату 21 подається на очищення від паростків у ростковітбійну машину 22. Паростки збираються в бункері 23. Сухий солод без паростків направляється в силос 24 на відлежування з метою підвищення вологості оболонки та її еластичності. Сухий солод без паростків очищається від забруднень, полірується в полірувальній машині 25 і

направляється в склад готового солоду. Частина свіжепророслого солоду, минаючи сушарку, направляється в обжарювальний барабан 26 для приготування карамельного солоду. [3]

1.3 Класифікація обладнання для пророщування солоду

Розрізняють токові та пневматичні солодовні. Якщо пророщування зерна проводять на підлозі в тонкому шарі, солодівню називають токовою. Пророщування зерна в спеціальних механізованих ящиках або барабанах з штучною аерацією називається пневматичним.

Токова солодовня розміщується в одноповерховій або багатоповерховій будівлі з гладкою підлогою (током). Температуру в робочому приміщенні підтримують 10-12 °С, відносну вологість повітря 85-90%. Тривалість пророщування (7-8 діб) залежить від сорту виробляемого солоду. При пророщуванні солоду виділяється велика кількість діоксиду вуглецю, тому солодовні обладнані припливною і витяжною вентиляцією. [4]

Однак важка ручна праця при перелопачуванні зерна на току, труднощі механізації робіт, залежність процесу солодоращення від зовнішніх метеорологічних умов, потреба у великій виробничій площі змушують відмовитися від цього виду солодовень.

В даний час для пророщування зерна застосовують в основному пневматичні солодоростильні апарати, що представляють собою барабани або ящики, в яких пророщуване зерно не стикається з атмосферним повітрям. У них нагнітають кондиційоване повітря, що продувається крізь шар проростає зерна, і охолоджуючи його при цьому, а перемішування здійснюють механічним способом. [8]

Використовуються солодоростильні апарати інших типів: шахтні, тунельні, баштові, стрічкові. Поширені статичні солодоростильні апарати, в яких відбувається поєднання процесів замочування і пророщування зерна.

1.4 Аналіз конструкцій апаратів для пророщування солоду

1.4.1 Солодоростильні апарати ящикового типу. Солодоростильні апарати ящикового типу найбільш поширені у виробництві солоду. Ящикова солодовня складається з солодоростильних апаратів ящикового типу прямокутної форми з сітчастими днищами камер кондиціонування повітря, вентиляторів і повітроводів. Повітря зволожують і охолоджують у спеціальних кондиціонерах, які можуть бути індивідуальними для кожного апарата або груповими для декількох апаратів. Замочений солод надходить в солодоростильні апарати самопливом разом з водою, яка потім видаляється через підсітковий простір. [13]

Кількість апаратів відповідає числу доби пророщування зерна, зазвичай їх буває вісім. Заповнення апаратів по висоті залежить від обсягу проростає зерна і змінюється щодня, так як у міру проростання обсяг 1 т зерна збільшується від 2 до 3,2 м³, а висота шару солоду – від 0,8 до 1,1 м.

У всіх солодоростильних апаратах ящикового типу солод перемішують періодично шнековими зворушувачами, а в апаратах з пересувною грядкою-ковшовими.

У механізованих пневматичних солодоростильні апаратах ящикового типу залежно від конструкції проводиться кілька технологічних операцій без застосування ручної праці: зволоження і ворущіння пророщувати зерна, вивантаження свіжопроросшого солоду, мийка ящиків.

Замочене зерно пророщують в пневматичних солодовнях, отримуючись певний температурний режим (10-14 °C), проводячи при цьому аерацію (при відносній вологості повітря 100 %) і відведення теплоти, яка виділяється при дихальних процесах, що протікають в солоді. Зігрівання солоду відбувається за рахунок інтенсивного дихання зерна, яке проявляється в окисленні відповідно крохмалю і жирів. Питомі тепловиділення при окисленні цих речовин становлять відповідно 17 390 і 39 480 кДж / кг. Знання кількості окисленого речовини дозволяє визначити кількість теплоти, що виділилася при пророщуванні, і, отже, розрахувати витрати і параметри кондиціонованого повітря. [15]

1.4.2 Солодоростильні апарати ящикового типу з індивідуальними камерами кондиціонування повітря. Складається з декількох довгих відкритих

солодоростильних ящиків, розділених між собою стінкою (рис. 1.1). Вентилятор 1 нагнітає в канал 10 повітря, який спрямовується в зволожувачі 2, а далі надходить в підсітковий простір ящиків 3, звідки потрапляє в солодоростильні ящики. З боку зволожувача ящики ізольовані стінкою, а з протилежного боку відкриті. Наприкінці ящиків є прохід, через нього солодозворушувач 4 можна переміщати з одного ящика на інший. Під проходом встановлений конвеєр 6 для видалення свіжопроросшого солоду.

В апараті при роботі повторно використовується частина відпрацьованого повітря, який з приміщення солодовні потрапляє через отвори в ґратах проходів між ящиками в канал 7 і всмоктується вентилятором 8. Відпрацьоване повітря може викидатися назовні через канал 5 або вентилятором 1 через клапан 9 знову нагнітатися в ящики. Частоту обертання вентилятора 1 можна регулювати, щоб подавати необхідну кількість повітря. Конструкція солодоростильного апарату такого типу забезпечує гарне провітрювання пророщувати зерна в кожному ящику. [15]

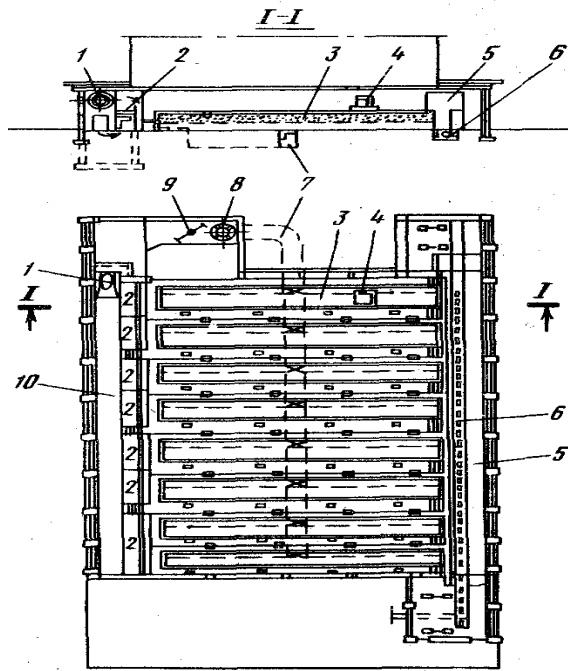


Рис. 1.3. Солодопророщувальний апарат
ящикового типу з індивідуальними камерами
кондиціонування: 1 – вентилятор;
2 – зволожувач повітря; 3-підсітковий простір;
4-солодозворушувач; 5-кондиціюючий канал;
6-конвейер для видалення свіжопророщеного
солоду; 7-канал; 8-видаляючий вентилятор;
9-клапан; 10-канал

1.4.3 Солодоростильний ящик (рис. 1.2) має прямокутну форму. Основне дно 1 зроблено з невеликим ухилом для стоку води. Друге (сітчасте) дно 2, на яке укладають замочене зерно, зроблено з вуглецевої оцинкованої сталі. Щілиноподібні отвори в ситах мають розмір приблизно $(1,5-2,0) \times 25$ мм. Живий перетин сит становить не менше 15 % від загальної площі поверхні. Через підсітковий простір в шар зерна подають кондиційоване повітря. На стінках ящика встановлено пересувний солодозворушувач 4 з вертикальними шнеками. Перед завантаженням сита стінки і підлога очищають від домішок, підсітковий простір обробляють 2 % ним розчином хлорного вапна. Замочене зерно разом з водою подають з замочувального апарату в ящик і за допомогою шнекового зворушувача розподіляють на ситі рівним шаром висотою 0,60-0,85 м.

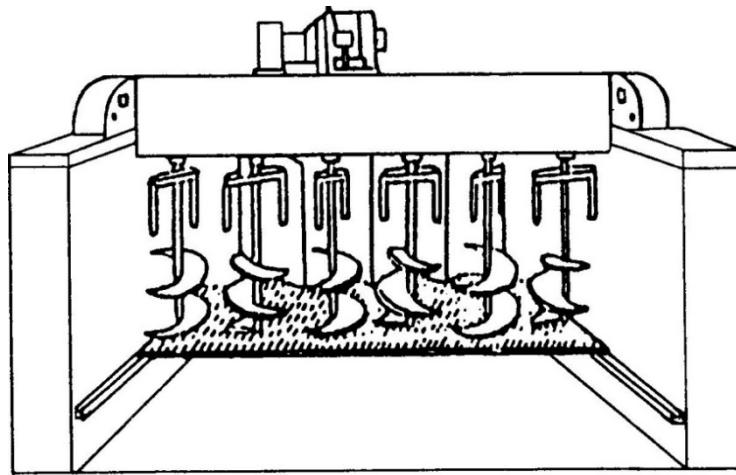


Рис.1.4 – Схема ящика для солодопророщування

1.4.4 Солодовні з пересувною грядкою. Солодовня з пересувною грядкою (рис. 1.3) являє собою довгий ящик 6, в якому підситовий простір розділено в поперечному напрямку перегородками на секції 10, число яких дорівнює або кратне числу доби рощення солоду.

На поздовжніх стінках ящика 6 укладено рейки, по яких уздовж ящика періодично пересувається ковшовий солодзворушувач 5 за допомогою візка 4. При робочому ході зворушувач 5 перекидає пророщуване зерно, чим досягається не тільки його перемішування, але й переміщення уздовж ящика.

Робочий хід зворушувача має напрямок від місця вивантаження готового солоду до місця завантаження замоченого зерна. Замочене зерно з замочувальних апаратів 7 і 8 завантажується завжди в одине і тое ж місце солодоростильного ящика 6. Зворушувач приводиться в рух через кожні 12 або 24 год. і кожен раз перекидає зерно на один крок, а на звільнену площу сита знову завантажується замочене зерно. Солод, проходячи до місця вивантаження, при черговому робочому ході зворушувача викидається в бункер 3, звідки транспортерами 1 і 2 (шнеком, стрічкою тощо) передається в сушарку. [7,8]

Повітря для продування зерна нагнітається вентилятором в канал 10, що проходить уздовж ящика, а потім у кожне відділення підсіткового простору. Подача кондиціонованого повітря з цього каналу в кожне відділення підсіткового простору 9 регулюється шибером залежно від інтенсивності росту, для відведення діоксиду вуглецю і підтримки оптимальної температури.

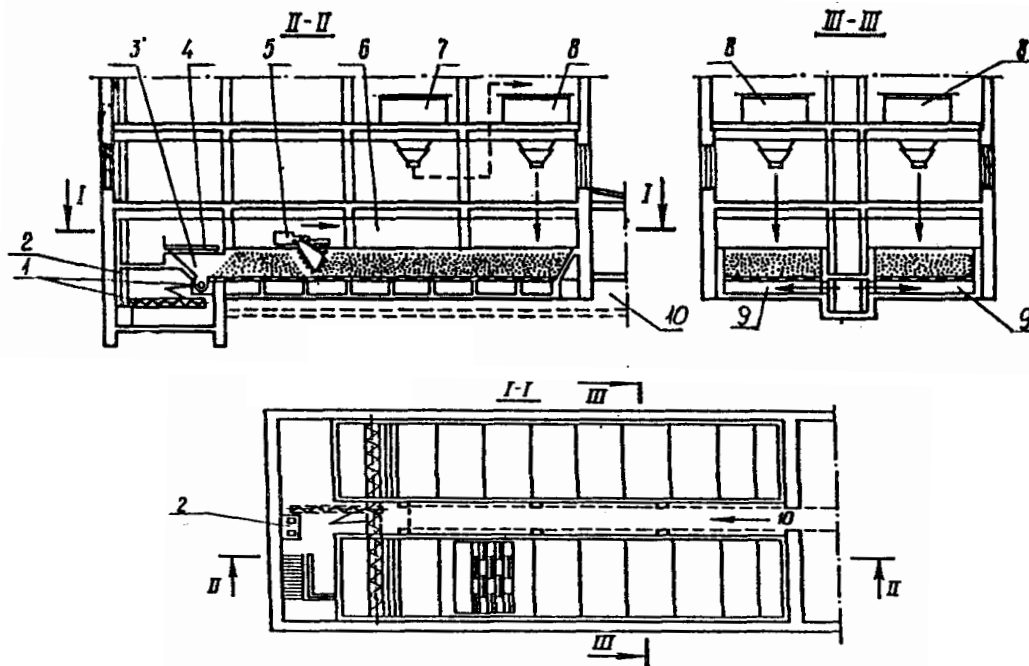


Рис. 1.5 Солодопророщувальний апарат з пересувною грядкою: 1-шнековий транспортер; 2-шнек транспортера; 3-бункер; 4-кришка бункера; 5-зворушувач; 6-повздовжні стінки ящика; 7, 8-замочувальні апарати; 9-підсітковий простір; 10-випускний канал

Ковшовий зворушувач (рис. 1.4) складається з каретки 1, конвеєра 2 з ковшами, механізму 5 підйому його, приводів конвеєра і каретки 1. Ковші з

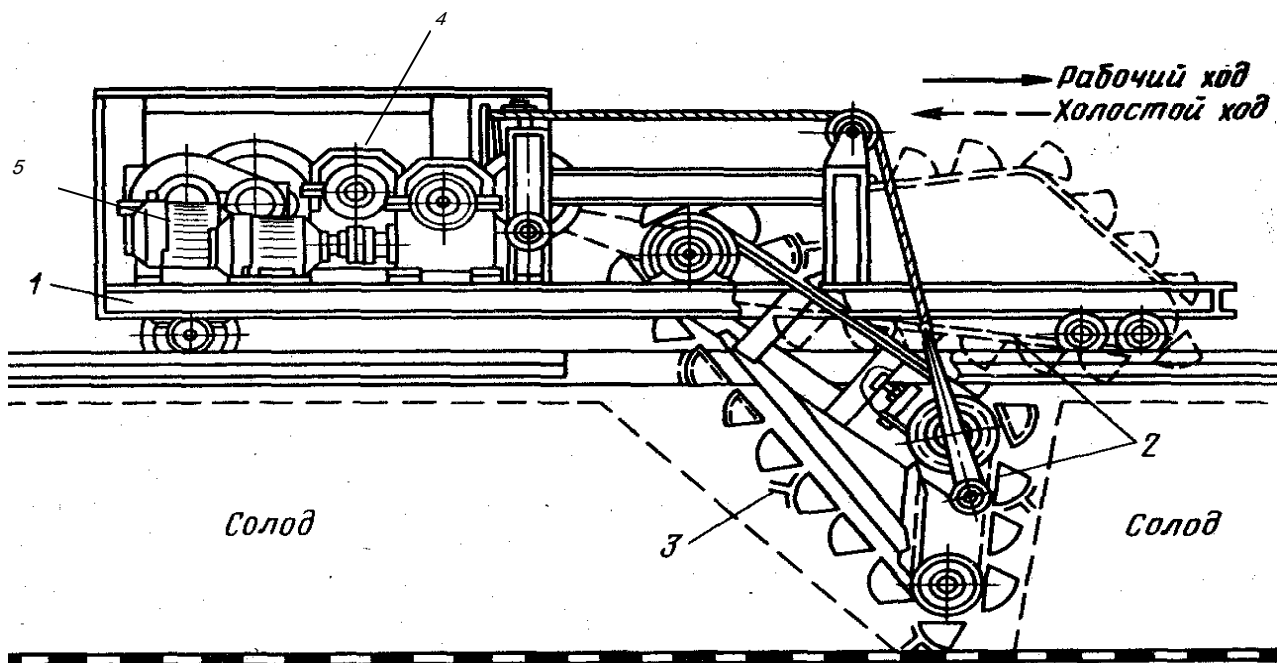


Рис. 1.6 Ковшовий солодозворушувач: 1-каркас солодозворушувача; 2-стрічка елеватора; 3-ківш елеватора; 4-привод; 5-електродвигун

гумо
вим
и
скре
бкам
и 3
розм
іщен
і по
всій
шир
ині
ящи
ка.

Робота зворушувача починається з того, що один кінець конвеєра опускають в крайнє нижнє положення, при якому ковші не доходять до сита ящика приблизно на 10-15 мм. Потім приводять в рух конвеєр і каретку. Ковші зачерпують солод і перекидають його назад щодо руху каретки, яка повільно переміщається вперед уздовж ящика. При цьому солод не тільки переміщується, але і переміщається уздовж ящика на один крок у напрямку, протилежному руху каретки. [6,7]

Сита очищаються від солоду гумовими скребками, укріпленими на ковшах. Наприкінці ящика, де встановлені кінцеві вимикачі, каретка зупиняється, а ковшовий конвеєр механізмом підйому переміщається у верхнє положення. При піднятому конвеєрі каретка швидко здійснює зворотний шлях. Швидкість руху ланцюга з ковшами 9,8 м / хв.

Ворошіння зерна і переміщення грядки по ситу на площу, рівну площі однієї подсіткової секції здійснюється в напрямку, зворотному руху зворушувача. На звільнену площу сита знову завантажується замочене зерно.

При паралельній установці декількох солодоростильних ящиків з пересувними грядками кондиціонери розміщують з таким розрахунком, щоб у кожному з них повітря готувався для певної стадії солодоращення: у першому – не зволожене повітря для підсушування вологого, щойно вивантаженого в ящик замоченого зерна і підв'ялювання свіжо пророщеного солоду перед вивантаженням його з солодовні в сушарку; в другому кондиціонері – охолоджене і зволожене повітря для провітрювання грядки на третій-четвертий день пророщування і т.д. [4,5]

В апаратах з пересувною грядкою забезпечується повна механізація процесів перемішування зернової маси, перевалки і вивантаження свіже пророщеного солоду. До недоліків апаратів цього типу відносяться циклічність процесу і складність регулювання параметрів повітря в окремих зонах, так як кондиціонер загальний, а грядки нерозділені, крім того, процес не можна вести з накопиченням діоксиду вуглецю.

1.4.5 Солодоростильні апарати круглого перерізу

Конструктивні особливості солодоростильних апаратів круглого перерізу роблять їх переважаною конструкцією при використанні в сучасних солодовнях баштового типу, де їх розміщують по вертикалі один під іншим. Але останнім часом такі апарати можна зустріти і в традиційній компоновці солодовні, коли всі солодоростильні апарати розміщені на одному рівні. [6,7]

Солодоростильні апарати круглого перерізу виготовляють двох типів – зі стаціонарним і обертовим сітчастим днищем. Їх оснащують шнековими зворушувачами, тому принцип їх роботи (за винятком завантаження і вивантаження) аналогічні ящиковим солодоростильним апаратам.

Солодоростильні апарати круглого перерізу зі стаціонарним днищем застосовують при одноразовому завантаженні до 400 т, при цьому їх діаметр не повинен перевищувати 29 м. Міжповерхове перекриття в них виготовляють вільно несучим без центральних опорних конструкцій.

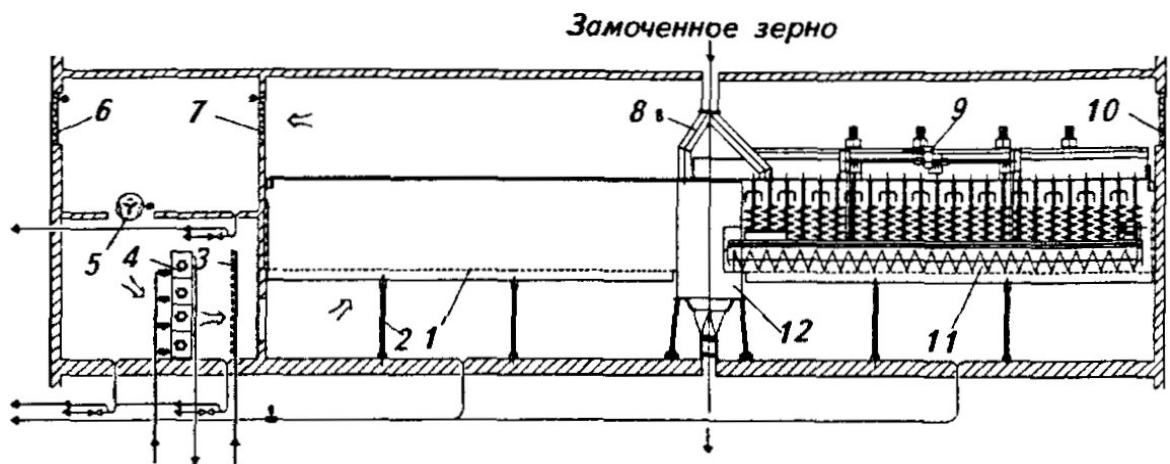


Рис. 1.7 Принципова схема апарату круглого перетину зі стаціонарним днищем:

- 1-сітчасте днище; 2-опора; 3- зволожувач повітря; 4- охолоджувач;
- 5-вентилятор; 6-жалюзійна заслонка на вході свіжого повітря; 7-жалюзійні заслонка; 8-перекидний клапан; 9-шнековий зворушувач; 10-жалюзійні заслінка на виході відпрацьованого повітря; 11-реверсивний шнек;
- 12-поворотний бункер

Сітчасте днище 1 апарата має кільцеву форму, оскільки в його центрі розташований поворотний бункер 12 діаметром 2,11 м, через який здійснюють вивантаження солоду з апарату або транзитне переміщення матеріалу через

апарат. Сітчасте днище спирається на опори 2, встановлені в підсітковому просторі, висота якого близько 2 м.

Над сітчастим днищем встановлений шнековий зворушувач 9 карусельного типу, який може обертатися навколо центральної осі апарату як в одному, так і в іншому напрямках. Крім ворошіння з його допомогою здійснюють завантаження замоченого зерна, вивантаження свіжепророзшого солоду, зволоження зерна в процесі пророщування, а також механізовану мийку робочої поверхні сітчастого днища. Щоб забезпечити завантаження і розвантаження апарату, зворушувач оснащений горизонтальним реверсивним шнеком 11, який може також змінювати своє положення по висоті. Для зволоження зерна над вертикальними шнеками встановлені розпилювальні форсунки, до яких підведена вода. Для забезпечення рівномірного зволоження пророщуваного солоду форсунки доцільно виготовляти з різним прохідним перетином – у форсунок, розташованих ближче до центру апарату воно повинно бути менше, а у форсунок, розташованих ближче до стінки апарату – більше. Це дозволить виключити перезволоження пророщуваного солоду, розташованого в центральній частині апарату, при недостатньому зволоженні солоду у його периферійній частині. [10,12]

У процесі пророщування зерно, розміщене на сітчастому дні 1, продувають кондиціонованим повітрям, яке нагнітається вентилятором 5 в підсітковий простір солодоростильного апарату. До необхідних кондицій повітря доводять в системі кондиціонування, що включає встановлені послідовно теплообмінник-охолоджувач 4 і зволожувач 3. Повітря, що пройшло через шар зерна, циркулює в апараті через жалюзійну заслінку 7, підмішуючи зі свіжим, вступникам в апарат через жалюзійну заслінку 6. При цьому жалюзійні заслінки працюють синхронно в проті фазі, забезпечуючи нагнітання в підсітковий простір потрібну кількість повітря (100 %), наприклад, якщо заслінка 6 прочинені на 20 %, то заслінка 7-на 80 %. Надлишок відпрацьованого повітря при підвищенні тиску автоматично скидається в атмосферу через жалюзійну заслінку 10.

У солодоростильних апаратах круглого перерізу може виникнути проблема нерівномірності розподілу кондиціонованого повітря під сітчастим днищем. Це,

зокрема, можна помітити за показниками відносної вологості нагнітаємого повітря в різних точках підсіткового простору- значної його частини (у вигляді широкої смуги у напрямку руху входить до підсіткового простору повітряного потоку) відносна вологість складає необхідну значення 99...100 %, в той час як поблизу стінок апарату по обидва боки від повітряного потоку відносна вологість може складати всього 92... 93 %, що свідчить про утворення застійних зон. Для усунення цієї проблеми в під сітковому просторі, безпосередньо за входом в нього кондиціонованого повітря, розміщують екрани, що розсікають повітряний потік, направляючи його не тільки до центральної частини апарату, але й уздовж стінок як з одного, так і з іншого боку. [11]

Миття і дезінфекції підсіткового простору солодоростильні апарату може здійснюватися вручну або із застосуванням системи механізованого миття. Для механізованої мийки сітчастого днища і стінок солодоростильного апарату в нижній частині зворушувача, безпосередньо над сітчастим днищем змонтовані рухливі миючі пристрої, а вздовж стінки – на вертикальній трубі – стаціонарні форсунки для розбризкування миючих розчинів під високим тиском 8... 10 МПа. При обертанні зворушувача в процесі миття навколо центральної осі апарату, миючі пристрої одночасно здійснюють зворотно-поступальні рухи в радіальному напрямку. [13]

Оскільки лінійна швидкість вертикальних шнеків зворушувача карусельного типу неоднакова і зростає від центру до периферії, то для забезпечення одномірного перемішування зерна частоту обертання шнеків встановлюють також неоднаково. Для зручності вертикальні шнеки розбивають на кілька груп, кожна з яких працює від індивідуального приводу, забезпечуючи різні частоти обертання, наприклад, 2,8; 4,4; 6,6; 8,8; 12 хв.

Завантаження замоченого зерна в апарат здійснюють пошарово зверху через спеціальний перекидний клапан 8. В одному положенні клапана зерно надходить на сітчасте днище і переміщається по ньому горизонтальним шнеком, а в протилежному положенні клапана зерно проходить транзитом через апарат.

При завантаженні апарату зворушувач переміщається навколо осі переривчасто-як тільки кінцевий датчик, встановлений на краю зворушувача, виявляється занурений в зерно, він повертається на невеликий кут і знову зупиняється, поки горизонтальний шнек не розподілені рівномірно зерно в радіальному напрямку від центру до периферії і кінцевий датчик знову не покриється зерном. Завантаживши на сітчасте днище один шар, горизонтальний шнек переміщається вертикально на висоту, рівну товщині завантаженого шару зерна і завантаження триває.

При розвантаженні свіжепророзшого солоду стінка розвантажувального люка в циліндричній частини перевантажувального бункера 12 відсувається всередину і горизонтальний шнек, перебуваючи в крайньому верхньому положенні, починає переміщати солод від периферії апарату до розвантажувального люка. Зробивши один оборот навколо осі, горизонтальний шнек опускається вниз і розвантаження триває

1.4.6 Солодоростильні апарати круглого перетину з рухомим днищем (рис 1.6) застосовують у солодовнях підвищеної потужності. Одноразова завантаження по ячменю в них може досягати 700 т, а діаметр-до 45 м.

У цьому випадку за умовами механічної міцності апарат повинен бути оснащений центральною опорною конструкцією. Усередині такої опорної конструкції зазвичай монтують труби для самопливного переміщення зерна зверху вниз. [15]

Сітчасте днище 1 являє собою кільцеву платформу з внутрішнім діаметром-5 м, а наріжним-до 45 м, що спирається на ролики 2, завдяки чому вона за допомогою електроприводу 14 може обертатися навколо вертикальної осі. При цьому шнековий зворушувач 12 знаходиться в стаціонарному положенні. На зворушувача змонтована система форсунок 11 для зволоження пророщувати зерна в процесі ворошіння.

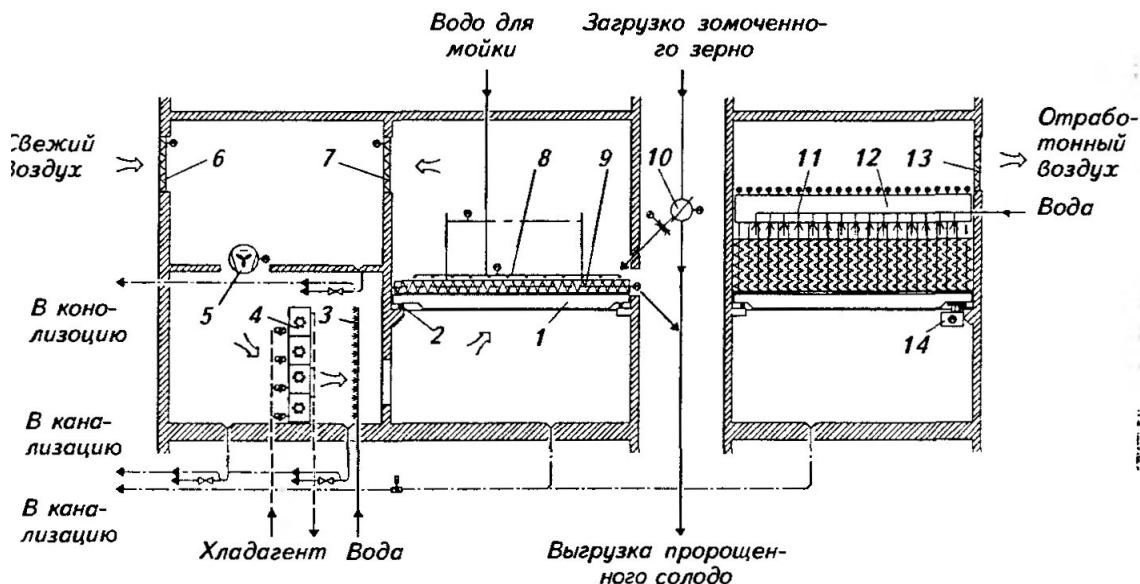


Рис.1.8 Принципова схема солодоростильного апарату круглого перерізу з рухомим днищем: 1-рухоме сітчасте днище; 2-ролики; 3-зволожувач повітря; 4-охолоджувач; 5-вентилятор; 6-жалюзійні заслонки на вході свіжого повітря; 7 і 13-жалюзійні заслонки рецюркулюємого повітря і на виході відпрацьованого повітря; 8-форсунки системи мийки; 9-завантажувально-розвантажувальний шнек; 10-перекидний клапан; 11-форсунки системи зволоження солоду; 12-шнековий зворушувач; 14-електропривід

На самопливної трубі встановлюють розподільний клапан 10, за допомогою якого замочене зерно може бути подано на Сітчасте днище 1 апарату або транзитом переміститися в нижче лежачі апарати. Завантажуване зерно розподіляється по сітчастому днищу горизонтальним завантажувально-розвантажувальним шнеком 9, оснащеним системою форсунок 8 для механізованого миття сітчастого днища солодоростильного апарату. Завантажувально-розвантажувальний шнек в процесі завантаження автоматично переміщається по спеціальних рейках вгору, рівномірно розподіляючи в апараті зерно шарами. При розвантаженні апарату горизонтальний шнек, навпаки, вивантажуючи зерно шар за шаром, опускається вниз.

Процес аерації пророщувати зерна організований таким же чином, як в солодоростильному апараті, конструкція якого була описана раніше.

Солодоростильні апарати з обертотим днищем застосовують рідше з ряду причин:

- вони складніше і дорожчі у виготовленні;
- вони більш металомісткі, оскільки днище посилюють знизу ребрами жорсткості;
- вони більш енергоємні в експлуатації, оскільки доводиться приводити в рух дуже велику масу (досить масивне днище, навантажене декількома тоннами пророщуваного зерна);
- при їх експлуатації виникає проблема ефективного ущільнення зазору між днищем і стінкою апарату-оскільки зерно провалюється в підсітковий простір.

У солодоростильних апаратах з обертним днищем простіше організувати мийку нижньої поверхні. Сітчасті днища, оскільки система мийки стаціонарна, але промити таке днище, оснащене ребрами жорсткості, складніше. [5]

Висновки та задачі досліджень

1. Для розміщення ящиків пневматичних солодовень з пересувною грядкою потрібні довгі виробничі приміщення (від 30 до 50 м). Однак площа цих приміщень використовується при раціональному розміщенні ящиків достатньо повно. Ступінь механізації трудомістких робіт у цих солодовнях висока, так як перемішування і вивантаження солоду відбувається за допомогою ковшового зворушувача. Недоліком цієї солодовні є наявність загального кондиціонера і довгих повітропроводів, тому процес пророщування тут можна регулювати тільки зміною кількості повітря, але не його параметрів.

2. У пневматичних солодовнях пророщування можна робити в кожному ящику незалежно від інших, змінюючи параметри повітря відповідно до вимог технології. Повітроводи в цих солодовнях можуть мати мінімальну довжину при розміщенні кондиціонерів поблизу ящиків.

Вивантаження солоду з ящиків зі шнековим зворушувачем здійснюється механічними лопатами, пневматичним або гідравлічним транспортером. Вивантаження солоду з ящиків до цього часу недостатньо механізовано, а застосовувані для цієї мети шнеки недосконалі.

3. Барабанні солодовні всіх типів є найбільш складними. Ступінь механізації та автоматизації виробничих процесів у них найбільш висока. Перемішування

солоду, здійснюване при обертанні барабанів, не супроводжується механічним пошкодженням зерен солоду, як це нерідко буває в ящикових солодовнях, тому готовий солод, що отримується в барабанах, зазвичай має високу якість.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Конструкція обладнання, як об'єкт досліджень

Барабанна солодовня складається з ряду солодоростильних апаратів барабанного типу, кількість яких відповідає числу доби пророщування зерна-зазвичай вісім. Апарат являє собою горизонтальний сталевий циліндр-барабан, встановлений на двох парах опорних роликів. Пророщувань зерно заповнює барабан на 50-60% місткості. Солод продувається кондиційованим повітрям, а перемішується в результаті повільного обертання барабана.

Існуючі конструкції барабанів можна поділити на дві групи: 1) закриті барабани і 2) відкриті барабани.

Особливістю закритих барабанів є повна їх герметизація. Дифузія вуглекислоти в навколишнє середовище або приплив ззовні свіжого повітря тут неможливі. Провітрювання здійснюється штучною вентиляцією. Існує два види закритих барабанів: з плоским ситом і сітчастими трубами. [15]

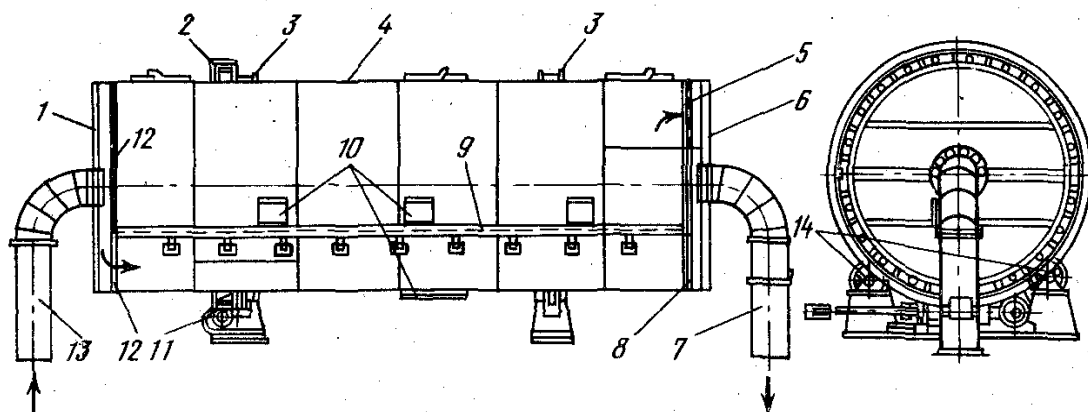


Рис.2.1– Барабанная солодовня з плоским ситом: 1-стінка впускної камери; 2-приводний обід; 3-утримуючі ободи; 4-корпус апарата; 5-сітка випускного колектора; 6-стінка випускного колектора; 7-випускний колектор; 8- стінка випускного колектора; 9-утримуюча сітка; 10-випускні лючки; 11-приводний механізм; 12-бокова стінка солодильної камери; 13-впускний колектор.

Замочене зерно подається в барабан через люки 10. Висота шару зерна на ситі до 1 м. пророщується зерно в нерухомому барабані при нижньому горизонтальному положенні сита. Повітря нагнітається із повітроводів 13, проходить через між донну камеру в підситовий простір, пронизує шар солоду і через сітку 5 внутрішнього днища 8 проходить праву міждонну камеру і далі віддаляється з барабана за повітроводи 7. Солод перемішується в результаті повертання барабана навколо горизонтальної осі два рази на добу. Під час обертання барабана (один оборот за 45 хв.) зерно не провітрюється, так як воно перекриває вихід повітря через сітку 5. У перші дні завантаження замоченим зерном барабан знаходиться в спокої, завдяки чому прискорюється процес пророщування зерна. До продуванню шару зерна повітрям ($t = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$; $w = 100\%$) приступають після досягнення в зерні температури $16\text{--}17\text{ }^{\circ}\text{C}$ доти, поки солод охолонув до $12\text{--}14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Свіжепророщений солод вивантажується через люки 10 шнеками, які встановлюються всередині барабана над ситом. У цей період сито знаходиться у верхньому горизонтальному положенні. [18]

При малих обсягах виробництва доцільно використовувати великі барабани, розділені перегородками на кілька камер. Провітрювати кожну камеру можна окремо, не порушуючи режими пророщування двох партій солоду.

Барабани з сітчастими трубами. Крім пневматичних барабанів з плоским ситом, працюють пневматичні барабани з сітчастими трубами (рис 2.2). У центрі такого барабана 1, що опираються на бандажі 2 на опорні ролики 3, мається сітчасті труби 4; один кінець труби закріплений на основному днище, а другий-на внутрішньому днищі барабана. Внутрішнє днище барабана закриває примикає до нього кінець сітчасті труби, протилежний кінець труби відкритий.

По периферії барабана розташовані сітчасті труби меншого перетину циліндричної, напівциліндричної форми. Кінці цих труб з боку внутрішнього днища відкриті; протилежні кінці труб наглухо закриті знімними кришками 5. У камері 6, утвореної основним і внутрішнім днищами барабана, знаходиться маятникова заслінка 7. Заслінка вільно насаджена на палець, укріплений в центрі

внутрішнього днища. При обертанні барабана заслінка завжди утримується вантажем 8 нерухомо у вертикальному положенні.

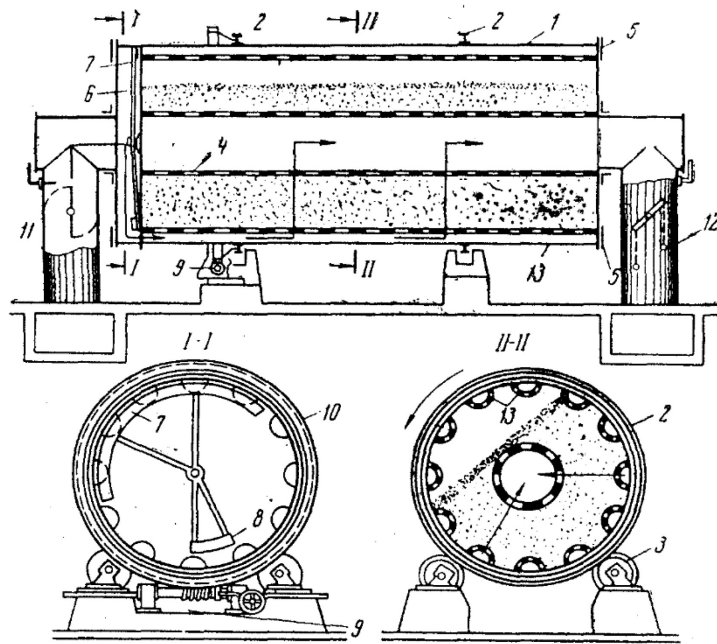


Рис2.2 – Барабанна солодовня з сітчастими трубками: 1- корпус; 2- утримуючий обід; 3- утримуючий ролик; 4- внутрішня сітка; 5- боковий корпус; 6- кондиціююча камера; 7- маятниковий заслін; 8- противага маятникового заслону; 9- черв'ячний привід барабана; 10- приводний обід; 11- впускний колектор;

Перемішування солоду проводиться обертанням барабана. Привод барабана, що складається з черв'ячної пари-черв'яка 9 і вінцевої шестерні 10, включається у міру потреби 2-3 рази на добу і повільно обертає барабан на опорних роликах 3. При обертанні барабана внаслідок сил тертя солод обертається разом з барабаном. Частинки солоду, що піднімаються при цьому вище кута природного укусу, скочуються вниз і займають нове положення щодо решти маси солоду. Перемішування зерна при цьому відбувається без пошкодження корінців солоду. [12]

Провітрювання солоду в барабані із сітчастими трубами можливо в будь-який час як у стані спокою, так і при обертанні барабана, цим він істотно відрізняється від барабана з плоским ситом. Кондиціоноване повітря з вертикального колектора 11 проходить в камеру 6, потім у периферійні сітчасті труби 13 і крізь шар солоду в центральну Сітчасті труби 4. З центральної труби повітря відсмоктується у вертикальний повітрепровід 12, а потім у канал відпрацьованого повітря. Щоб

кондиційоване повітря проходило крізь товщу солоду, периферійні труби, що знаходяться у верхньому положенні над шаром солоду, постійно перекриті заслінкою 7.

Крім того, ступінь наповнення розглянутого барабана солодом може бути дещо більшою, ніж барабана з плоским ситом. Проте конструкція його кілька більш складна і дорога.

2.2 Методи досліджень

Є загальні принципи складання математичних моделей; особливості прояву теорії відбиття при моделюванні; принципи й порядок складання плану експерименту при складанні математичних описів об'єктів; методи складання математичного опису об'єктів і систем керування; основні поняття й особливості статистичного моделювання, принципи складання математичних моделей, об'єктів харчової технології й систем керування об'єктами харчової технології; принципи реалізації математичних моделей на аналоговій і цифровій обчислювальній машинах. Уміти сформулювати завдання на складання математичної моделі об'єкта й його системи керування (при відомому формулюванні мети вдосконалювання об'єкта або системи керування); скласти план експерименту для рішення поставленого завдання вдосконалювання технологічного процесу (комплексу) або його системи керування; вибрати керовані параметри й керуючі впливи досліджуваного технологічного процесу; установити математичні зв'язки між параметрами процесу в статичі й динаміці; перетворити отримані вихідні рівняння математичного опису до виду, придатного для рішення і пошуку оптимального рішення (скласти цільові функції); скласти або використати готові алгоритми й програми для рішення завдань на аналоговій і цифровій обчислювальній машинах; одержати необхідні дані й характеристики технологічного процесу або системи керування за допомогою математичних моделей і обчислювальних машин.

Моделювання розглядається як сучасний метод дослідження технологічних процесів і як форма відбиття дійсності. У зв'язку з технічним прогресом і появою сучасних обчислювальних машин розкриваються роль і значення теорії відбиття в пізнанні дійсності, а також у розвитку методів

модельовання. Вивчаються загальні принципи формалізації й основи математичного модельовання виробничих процесів, використання діалектичних категорій форми й змісти при аналізі й синтезі технологічних процесів і їхніх систем керування, різні форми подання технологічних процесів: технологічна, структурна, функціональна й операторні схеми. Типові технологічні оператори розглядаються як перетворювачі інформації. На основі узагальнення отриманих раніше знань формулюються основні принципи використання новітніх досягнень науки й техніки з метою синтезу зроблених технологічних процесів харчових виробництв і їхніх систем керування. Вивчаються перспективи використання методів математичного аналізу при дослідженні, веденні й керуванні технологічними процесами, а також роль методів математичного модельовання при впровадженні передового досвіду, досягнень науки й техніки у виробництво, розробці ресурсо і енергозберігаючих технологій.

Весь процес відбувається в апараті з конкретними геометричними характеристиками, що впливають в свою чергу на характер процесу.

Ключем до проблеми вивчення харчових процесів є метод математичного модельовання, який базується на стратегії системного аналізу, сутність якого полягає у представленні процесу як складної взаємодіючої ієрархічної системи з наступним якісним аналізом її структури, розробкою математичного опису і оцінкою невідомих параметрів [11].

Математичне модельовання являє собою складання і вивчення математичної моделі на основі вирішення системи рівнянь, що описують дане явище.

Математична модель складається в результаті застосування до фізичної моделі законів збереження (енергії, маси і т.д.) і законів, які характеризують даний процес або явище, записаних у математичній формі.

Математична модель – це сукупність рівнянь – диференціальних, інтегральних, алгебраїчних і т.д., – які описують фізичне явище або процес, і приєднаних до них умов однозначності [12].

У переважній більшості випадків математична модель не може характеризувати всі особливості явища, що досліджується, однак вона повинна враховувати основні закономірності, які керують ним. В цьому полягає головна вимога до математичної моделі. У багатьох випадках розробка математичної моделі представляє собою досить складне завдання. Часто це пояснюється відсутністю достовірних даних про фізичну модель явища.

Дослідження математичних моделей здійснюється на основі алгебраїчних і наближених методів, розроблених в математиці. Через складність математичних моделей це вивчення найчастіше виконується на ЕОМ, де роль лабораторної або натурної установки відводиться електронній машині. Експериментування з математичною моделлю на ЕОМ отримало назву обчислювального експерименту.

Математичне моделювання і обчислювальний експеримент мають широке застосування. Вони особливо ефективні в тих випадках, коли можливості фізичного моделювання суттєво обмежені або не можуть бути використані. Часто вони застосовуються при вивченні високошвидкісних та високотемпературних потоків, низькотемпературних середовищ, надвисоких та наднизьких тисків, закономірностей функціонування великомасштабних промислових установок (парові котли, печі). При цьому поряд із вирішенням прямих задач, пов'язаних з дослідженням математичної моделі, обчислювальний експеримент використовується для вирішення зворотних (визначення граничних умов), інверсних (визначення властивостей речовини) і деяких інших задач.

Математичне моделювання - сучасний метод дослідження

Модель є формою й одним із засобів відбиття дійсності. Поняття «модель» найчастіше вживають у двоякому змісті - як зразок чогось (модель машини) і як зображення досліджуваного явища або процесу (у вигляді руху рідини).

Під моделлю мають на увазі таку подумки представлену або матеріально реалізовану систему, що відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження

(оригінал), здатна заміщати його на певному етапі дослідження. Форма й засоби подання при цьому можуть бути різними: математичний або словесний опис, фізична установка, алгоритм або програма на обчислювальній машині. Модель на відміну від опису відіграє активну роль у дослідженні, оскільки на моделі можна з мінімальними витратами часу визначити режими й інші характеристики технологічного процесу, конструктивні параметри машини або апарата, витрати на виробництво готового продукту.

Поняття моделей і аналогій, використані в наукових дослідженнях, зажадали введення поняття подоби, що застосовувалося спочатку для геометричних категорій, а потім поширилося й на інші фізичні поняття й придбало більше широкий зміст.

Визначення граничних умов

Диференційне рівняння будь-якого процесу описує цілий клас фізичних явищ. Для отримання конкретного, часткового вирішення задачі необхідно додатково задавати умови однозначності, або крайові умови.

Геометричні умови однозначності характеризують форму і розміри тіла, в якому відбувається процес; фізичні (або реологічні) умови визначають теплофізичні або структурно-механічні властивості сировини та їх залежність від певних параметрів, а граничні – закономірності взаємодії тіла з оточуючим середовищем на його границі. Часові умови однозначності встановлюють початковий стан тіла і задаються тільки для нестационарних процесів (їх ще називають початковими умовами).

Етапи математичного моделювання

Математичне моделювання здійснюється у три взаємопов'язані стадії: 1) формалізація досліджуваного процесу — побудова математичної моделі (складання математичного опису); 2) програмування розв'язку задачі (алгоритмізація), яке забезпечує знаходження чисельних значень параметрів, що визначаються; 3) встановлення відповідності (адекватності) моделі досліджуваному процесу.

Класифікація методів моделювання

Фізичне моделювання дозволяє поглибити знання про комплекс явищ, що відбуваються, у модельованому об'єкті, уточнити кількісну оцінку й полегшити математичний опис окремих сторін процесу. Методи фізичного моделювання краще й наочніше відтворюють процеси, що протікають в оригіналі в порівнянні з іншими методами. Вимірювальні й регулюючі прилади можуть бути приєднані до моделі без спеціальних перетворюючих пристроїв, які вносять перекручування й додаткові погрішності.

Дослідження методами фізичного моделювання проводять у наступному порядку:

- встановлюють основному, підлягаючому чисельному визначенню, параметри процесу, що характеризують якість процесу, апарата;
- за допомогою цих установок (моделей) одержують чисельні значення подібних параметрів і перераховують їх для визначення параметрів оригіналу (досліджуваного об'єкта).

У цей час застосовують лабораторні установки, що моделюють різні технологічні процеси нагрівання, охолодження, зміни хімічного складу, фізичних властивостей, концентрації оброблюваного продукту та ін. Дуже часто моделюють цілі виробничі комплекси. Широко використовуються також методи фізичного моделювання технологічних процесів харчових виробництв.

Фізичну природу досліджуваних етапів технологічних процесів. Оскільки природа процесу при цьому зберігається, установки або моделі відтворюють весь комплекс явищ, що характеризує змодельований процес, у який можуть входити й сторони процесу, не підмети на даному етапі вивченню шляхом математичного опису, тобто не можуть бути представлені математичними співвідношеннями.

При моделюванні конкретних об'єктів необхідно сформулювати умови однозначності. До них ставляться форма й геометричні розміри апарата, фізичні властивості рідини, а також властивості рідини на границях системи (граничні

умови). Група подібних явищ повинна мати й подібні умови однозначності, тобто геометрична форма апаратів або інших систем повинна бути однаковою, а розміри, фізичні властивості рідин, швидкості й інші істотні характеристики в подібних крапках - перебувати в постійних співвідношеннях.

Аналогове моделювання (*analogus* — подібний). У теорії подоби, що покладена в основу фізичного моделювання, прийнято вважати, що в оригіналі й моделі протікають однакові по природі явища. Відмінність моделі від оригіналу полягає в різних чисельних значеннях схожих параметрів моделі й оригіналу. Масштаби для перерахування схожих параметрів вибирають виходячи з рівності симплексів і комплексів (критеріїв) подоби.

Основними вимогами при моделюванні будь якого явища є можливість одержання необхідних даних на моделі більше простим або більше дешевшим способом і можливість кількісного перенесення даних моделей на оригінал. Цим двом вимогам можуть відповідати не тільки єдність фізичних властивостей моделі й оригіналу, але й інші ознаки спільності. Відомо, що різні по фізичному механізмі явища можуть бути описані однаковими за формою рівняннями, тобто для різних фізичних явищ існують однакові або аналогічні якісні закономірності. Отже, як загальна ознака можна взяти загальну форму запису явищ, що відбуваються в оригіналі й моделі.

Загальний порядок складання математичної моделі

Вид і форма математичної моделі визначаються завданнями дослідження й природою досліджуваного об'єкта. Проте в кожному разі порядок складання математичної моделі можна представити алгоритмом. Складання математичної моделі припускає ряд етапів: постановка завдання дослідження; вибір показників якості рішення завдання; визначення й вибір параметрів процесу, що впливають на обрані показники якості; виявлення існуючих зв'язків між параметрами; установлення й запис математичних залежностей між параметрами; складання математичного опису об'єкта; визначення області рішень (обмежень); складання алгоритмів і програм для рішення на обчислювальних машинах; оцінка й узагальнення результатів моделювання.

Найбільш важливим і найменш формалізованим є перший етап. Постановка завдання дослідження й вибір показників якості рішення грають дуже важливу роль, тому що невдачі частіше обумовлені нечітко поставленим завданням або невдалим вибором показника, що не відповідає мети дослідження. Наступних три етапи складання математичної моделі є по суті збором необхідної інформації про об'єкти. Тут необхідно визначити всі параметри об'єкта й існуючі між ними зв'язку на основі законів фундаментальних наук, різних гіпотез і допущень, а також використання експериментальних даних. Під інформаційним забезпеченням математичної моделі розуміють сукупність необхідних для використання моделі й задовольняючих вимог повноти, необхідності, точності, надійності й своєчасності даних. Якщо для встановлення зв'язків між параметрами об'єкта не вдається підібрати задовільну теорію, тоді висувують гіпотези, справедливність яких перевіряють порівнянням результатів рішень, отриманих на основі прийнятих гіпотез і за експериментальним даними.

У такий же спосіб перевіряють справедливність застосування різних теорій. Невелика витрата часу на таку перевірку є одним з переваг аналітичного підходу до дослідження процесів.

Серед великої кількості аналітичних методів, підходів і засобів моделювання для рішення кожного завдання відбирають лише найбільш придатні. У зв'язку із цим на даному етапі більшу роль грають досвід і кваліфікація складання моделі.

Після одержання інформації шляхом, аналізу документів і звітів, підготовки апріорних даних, аналізу експериментальних даних, опитування й консультацій з фахівцями й експертами її варто систематизувати й оцінити з погляду поставленого завдання дослідження. У більшості випадків тільки деяка невелика частина інформації є необхідною і її варто виділити від непотрібної й випадкової. Оскільки зібрана інформація не завжди зручна для безпосереднього використання, неї піддають попередній обробці, аналізу й угрупованню. Одержати повну інформацію у всіх випадках практично неможливо.

Складання моделі одержують структурну й параметричну схеми. При цьому встановлюють важливість і вплив кожного параметра на рішення завдання. Кожний параметр у параметричній схемі описують у наступному порядку: визначення й символ, одиниці для розрахунку, діапазон вимірів, характеристики (одне й багатозначний, кодований, керований, випадковий та ін.), місце застосування в моделях, джерело параметра. Параметричний опис є найпростішою формою, заснованою на емпіричних спостереженнях властивостей, ознак і відносин досліджуваного об'єкта. На слідуючому етапі моделювання одержують вихідні математичні зв'язки між параметрами у вигляді таблиць, графіків, математичних формул, статистичних даних.

У системному аналізі математичні моделі використовують у трьох напрямках: для пошуку оптимальних рішень, вивчення аналітичних властивостей моделі й визначення в явному виді взаємозв'язків, що характеризують систему. Застосування однієї й тієї ж моделі або однієї й тієї ж логіко-математичної схеми до широкого кола різноманітних по природі завдань свідчить про універсальність методів моделювання.

Далі визначають область рішення завдання, що у найбільш простих випадках часто зводять до визначення початкових і граничних умов.

Потім вихідні дані й рівняння перетворюють таким чином, щоб форма запису була придатна для рішення поставлених завдань. Табличні, графічні й статистичні дані обробляють. При цьому по можливості спрощують отримані вихідні рівняння шляхом виключення незначущих членів, а іноді й виключенням цілих рівнянь у випадку незначного їхнього впливу на рішення поставленого завдання.

На слідуючому етапі роблять вибір методу рішення отриманих математичних рівнянь залежно від завдання й рівня дослідження й складності рівнянь. Відповідно до обраного методу рішення їх переводять необхідні перетворення й заміни в системах рівнянь. Обчислювальної стадії повинен передувати аналізі інформації, яку необхідно одержати за допомогою моделі, з

метою виявлення надлишкових ситуацій, що дозволить спростити обчислювальну процедуру.

Пристаючи до рішення системи рівнянь, визначають число незалежних рівнянь і невідомих. Незалежними називаються рівняння, які не є лінійною комбінацією інших рівнянь системи. Для систем, у яких число невідомих більше числа незалежних рівнянь, якщо є одне, то й існує нескінченна кількість рішень. Однак якщо сформульовані додаткові умови, яким повинне задовольняти рішення системи, то може бути знайдено рішення, що цікавить нас. Дотримання цих правил дозволяє одержати стійку збіжність математичної моделі. На цьому ж етапі становлять чітку послідовність рішення завдання алгоритм.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ СОЛОДУ В АПАРАТІ БАРАБАННОГО ТИПУ

3.1 Призначення програмних комплексів

Flow Vision – це програмний комплекс, що призначений для моделювання тривимірної течії рідини та газу в технічних і природних об'єктах, а також для візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки.

Flow Vision розв'язує проблему моделювання тепло- та масопередачі в різних технічних та природних об'єктах. Основним завданням являється чисельне розв'язання рівнянь, які описують динаміку рідини. Додатково враховуються різні фізико-хімічні ефекти: турбулентність або потоки в середовищі. Ці рівняння складають математичну модель тепло- та масопередачі.

Моделювати можна течії стаціонарні і нестаціонарні, рух потоків рідин, які стискаються, слабо стискаються та не стискаються. Використання різних моделей турбулентності та адаптивної розрахункової сітки дає можливість моделювати складні рухи рідини, включаючи течії з сильним витком і течії з вільною поверхнею. Flow Vision заснований на кінцево-об'ємному методі розв'язання рівнянь гідродинаміки та застосовує прямокутну адаптивну сітку з локальним подрібненням. Для апроксимації криволінійної геометрії з підвищеною точністю у комплексі Flow Vision застосовується технологія підсіткового розділювання геометрії. Ця технологія дозволяє імпортувати геометрію з систем САПР та обмінюватися інформацією з системами кінцево-елементного аналізу.

3.2 Розробка геометричної моделі

Спочатку створюємо файл з зовнішніми формами моделі.

Спочатку створюємо круглий контур діаметром 3100 мм і видавлюємо його на 5500 мм. Аналогічно на обох кінцях площини створюємо контури на 600 мм і видавлюємо їх на 25 мм. Створюємо суміщену площину на обох сторонах циліндру вглиб конструкції на 250 мм. На площинах створюємо ескіз з кругом з якого відрізали частину контуру на 520 мм нижче від центру кола.

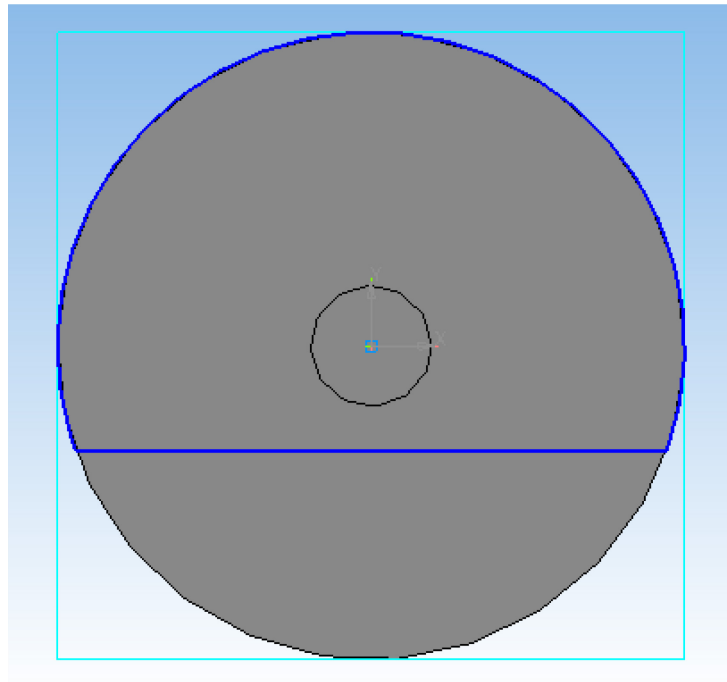


Рис. 3.1 Ескіз стінки солодоротильного апарату

Вирізаємо з обох сторін по 10 мм в сторону що ближче до входу або виходу з апарата. Отримуємо результат на Рис. 2

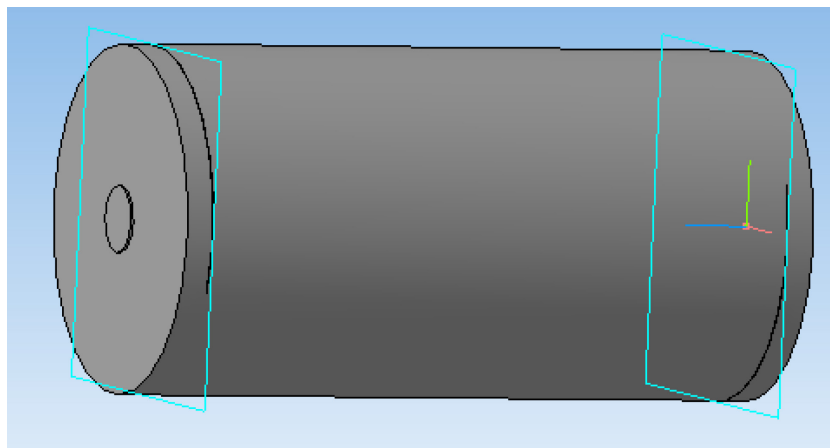


Рис. 3.2 Готова модель барабанного солодоростильного апарату.

Модель що імітує шару солоду будується окремо і застосовується у FlowVision як «сито»

На будь якій площині створюємо ескіз у вигляді круга діаметром 3100 мм та з відрізами з двох сторін. Верху відріз прямий, а знизу під кутом 45° . (інші моделі відрізняються тільки цим кутом) Відстань від центру до найближчої точки по-нормалі 520 мм зверху, знизу 640 мм (Рис. 3)

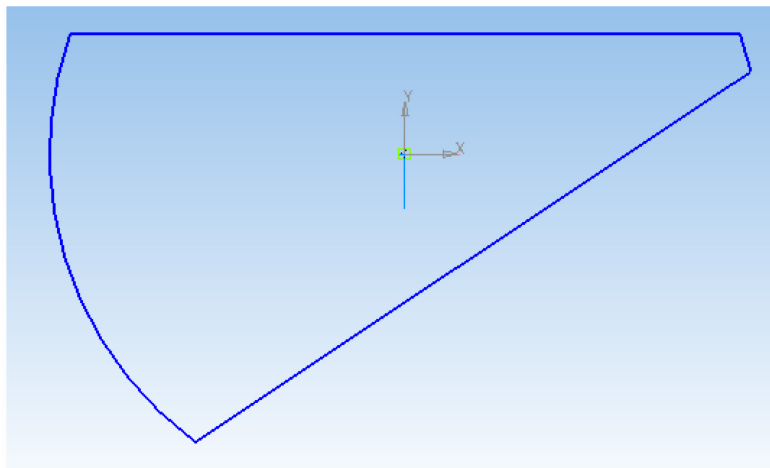


Рис. 3.3 Ескіз шару солоду.

Видавлюємо шар солоду на 5500 мм.

На нижній грані створюємо ескіз сита у вигляді великого числа ромбів зі сторонами 100:100 і відстанню між ними 10 мм. Прорізаємо ними шар нашу модель на всю довжину Рис 4.

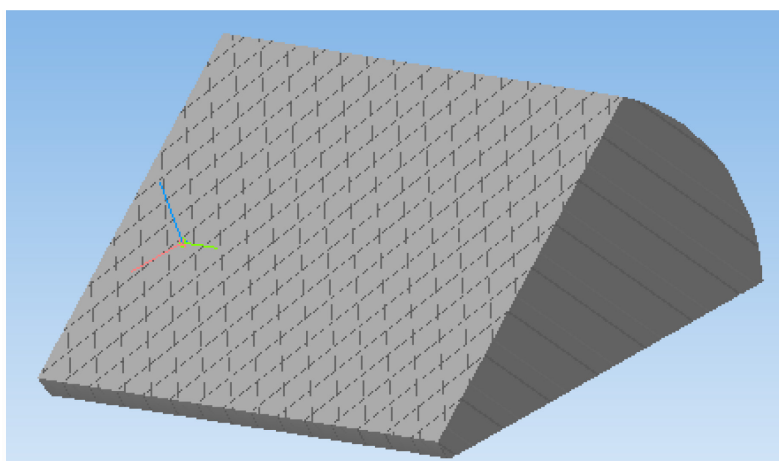


Рис. 3.4 Готова модель шару солоду

Модель для пророщування з сітчастими трубками відрізняється тим, що в основній моделі є тільки одна сітка з одної сторони. А з іншої видозмінений ескіз у вигляді сітчастих трубок. Відповідно до нього створюється шар солоду(Рис.3.5).

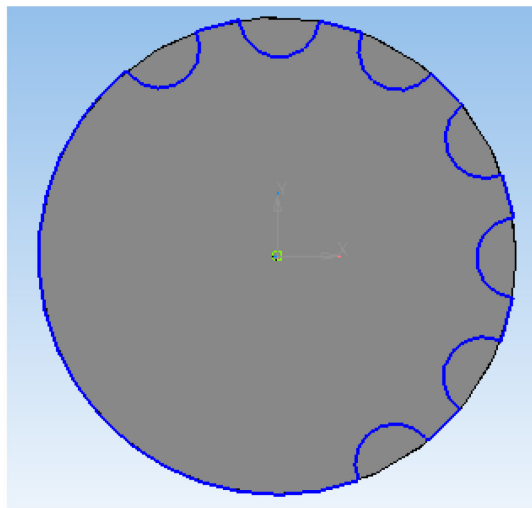


Рис. 3.5 Ескіз моделі апарату з ситчастими трубками

Розробка математичної моделі

За основу моделі взято модель «незжимаємої рідини» розраховується тільки швидкість і тиск. У моделі завантажено повітря температурою 16° . Швидкість повітря на вході 1 м/с .

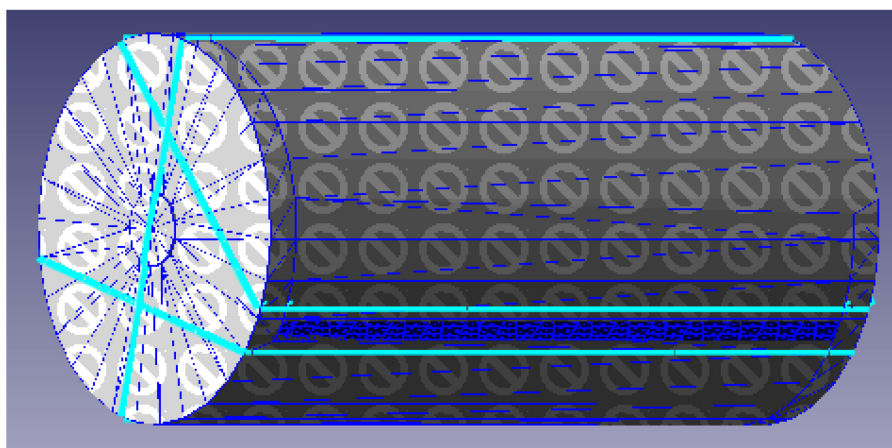


Рис. 3.5 Готова модель апарату з плоским ситом

3.3.1 Результати моделювання барабанного солодоростильного апарату

Порівняємо графічні заливки з тисків під апаратом та зверху шару солоду за

умови	наклону	шару	солоду	під	кутом	45° .
-------	---------	------	--------	-----	-------	----------------

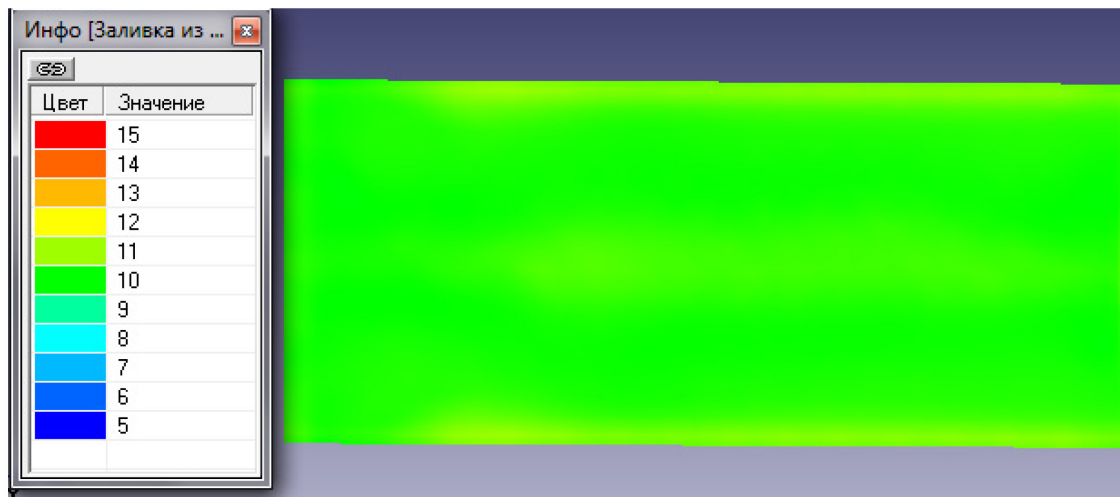


Рис. 3.6

Розподіл тисків під апаратом.

На заливці ми бачимо рівномірний розподіл тиску на позначці 13 Па

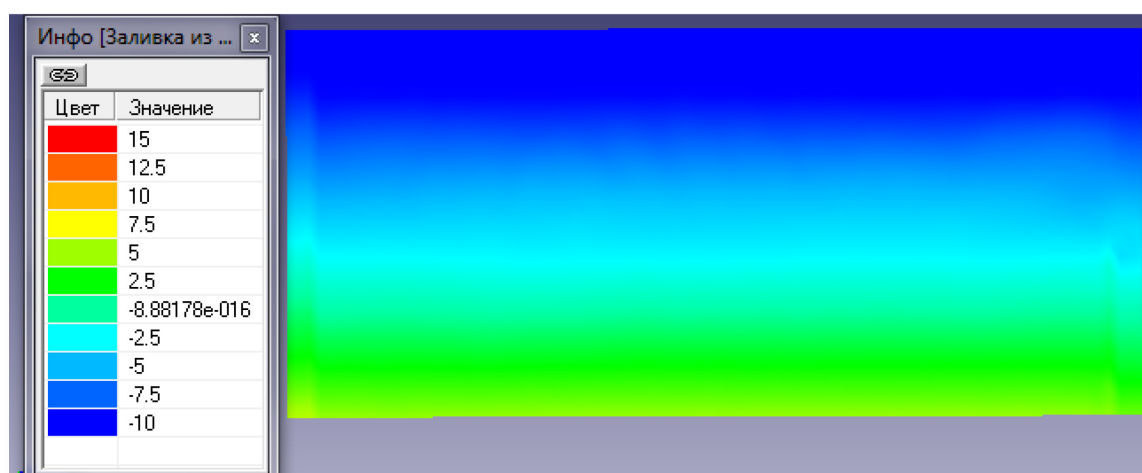


Рис. 3.7 Розподіл тисків над шаром солоду

Заливку з вершу шару солоду можна умовно розділити на чотири зони від -10 до 10 Па. Перепад тисків 20 пунктів

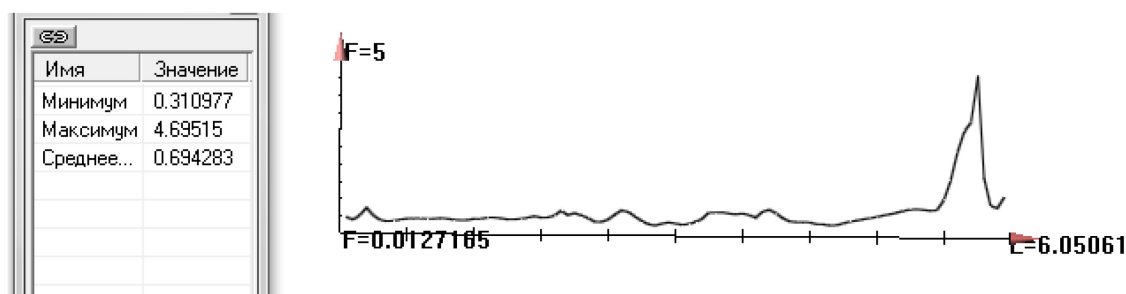


Рис.

3.5 Графік швидкостей під ситом

Під ситом швидкість рівномірна і коливається у діапазоні від 0,14 м/с до -0,14 м/с. від входу спостерігається тенденція до підвищення швидкості.

На виході швидкості значно відрізняються

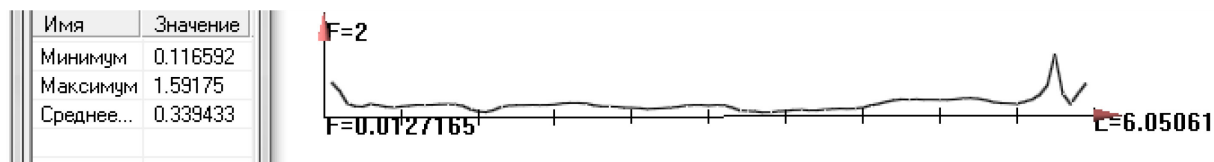


Рис. 3.8 Графік швидкостей над апаратом

Більшу частину швидкість тримається близько 0,16 м/с. Наприкінці падає до 0,1 м/с, але в середньому 0,33 Товщина шару солоду в цьому місці складає близько 200 мм.

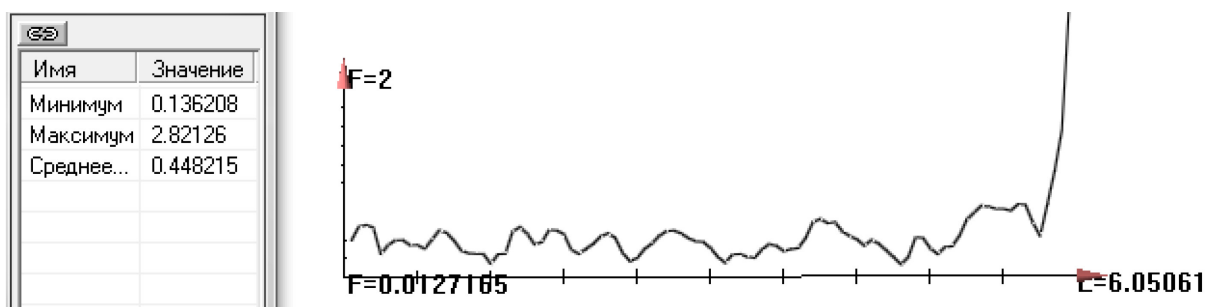


Рис. 3.9 Графік швидкостей посередині апарату

Посередині швидкість шару солоду швидкість коливається в межах від 0,13 м/с до 1 м/с, в середньому 0,44 м/с. Товщина шару солоду складає около 1100мм.

У най товщому шарі солоду середня швидкість складає близько 0,74 м/с . Від 0,39 до 1,33 м/с. Товщина шару солоду складає 1700 мм.

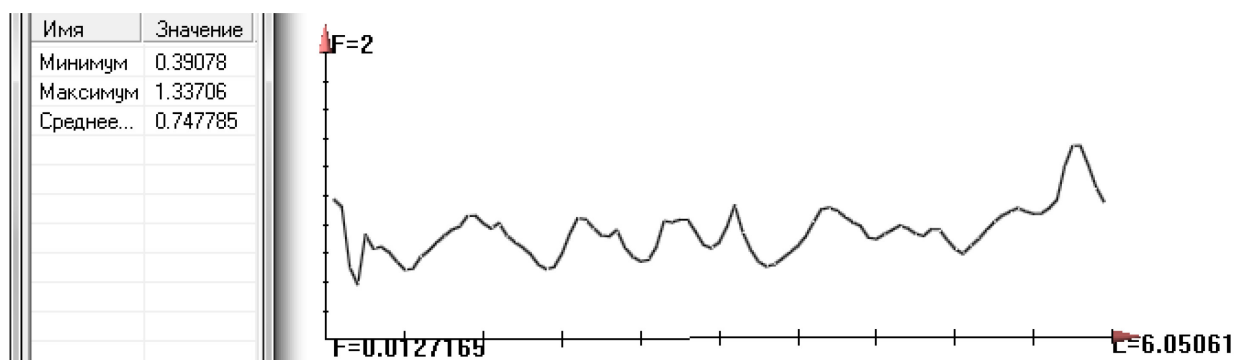


Рис. 3.10 Графік швидкостей на найвищому шарі солоду

Співставивши значення висоти шару отримаємо графік залежності необхідної швидкості до висоти шару отримаємо графік

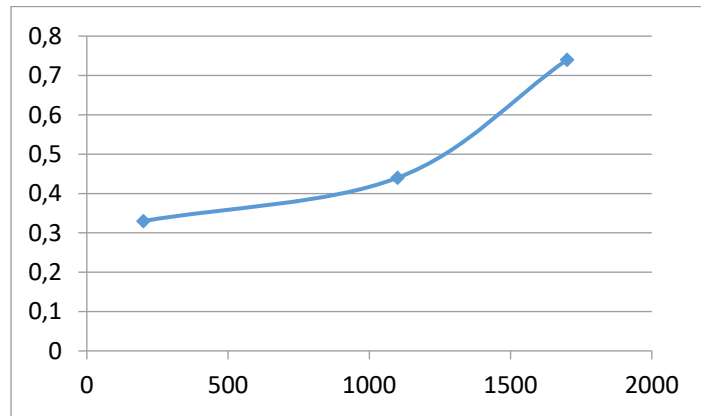


Рис. 3.11 Порівняльний графік відношення необхідної швидкості до висоти шару солоду
При нахилі 15°

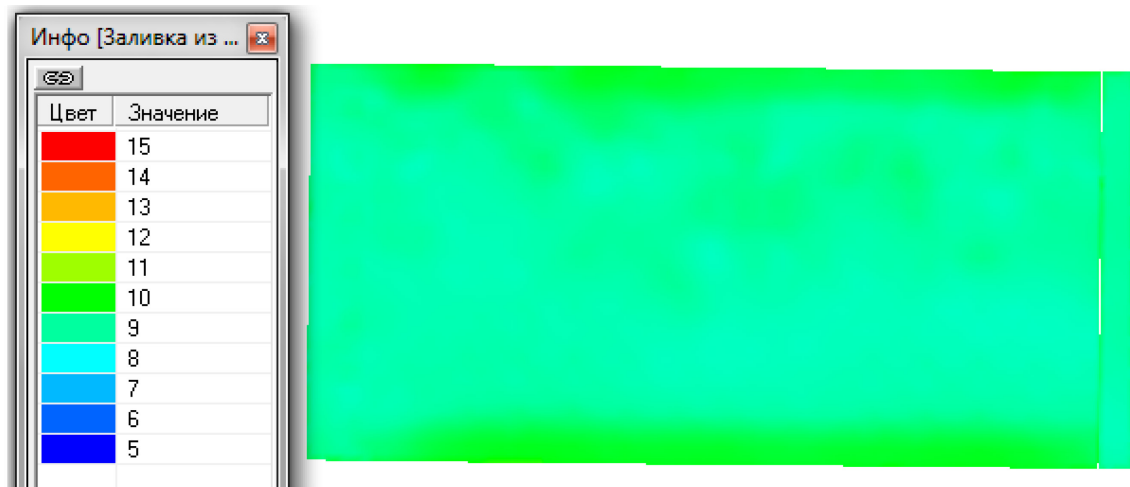


Рис. 3.12 Заливка тисків при 15°

Як бачимо тиск лише трохи збільшено порівнянно з нахилом 45°

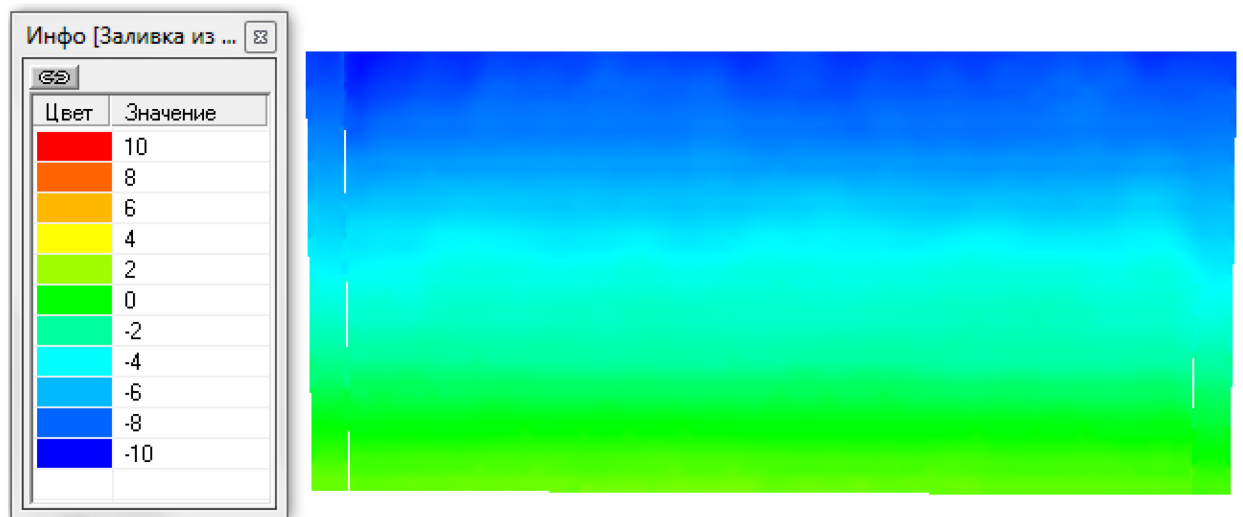


Рис. 3.13 Заливка тисків над ситом при нахилі 15°

Порівняно з нахилом 45° нахил 15° демонструє набагато менший перепад тисків
35 пунктів

Під кутом 0^0

Вхід



Рис. 3.14 Заливка тисків при 0^0

Вихід з шару солоду



Рис. 3.15 Заливка тисків над ситом при нахилі 0^0

Перепад тисків майже дорівнює перепаду на вході 2 пункти

3.3.2 Результати моделювання солодоростильного апарату з ситчастими трубами.

Значення тисків на верхньому шарі солоду.

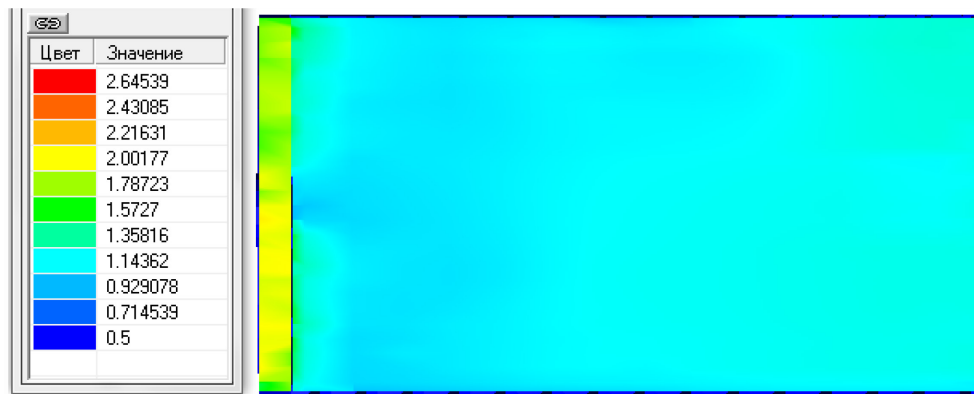


Рис. 3.16 Значення тисків на верхньому шарі солоду

Центральний прохід демонструє перепад швидкостей: на початку швидкість майже нульова потім росте до 0,43, у третій частині падає майже до нуля і наприкінці виростає майже до 1,62/с. Це викликано тим що вентиляційний вихід менший за центральну трубу і повітря змушене деякий час циркулювати у верхній камері.

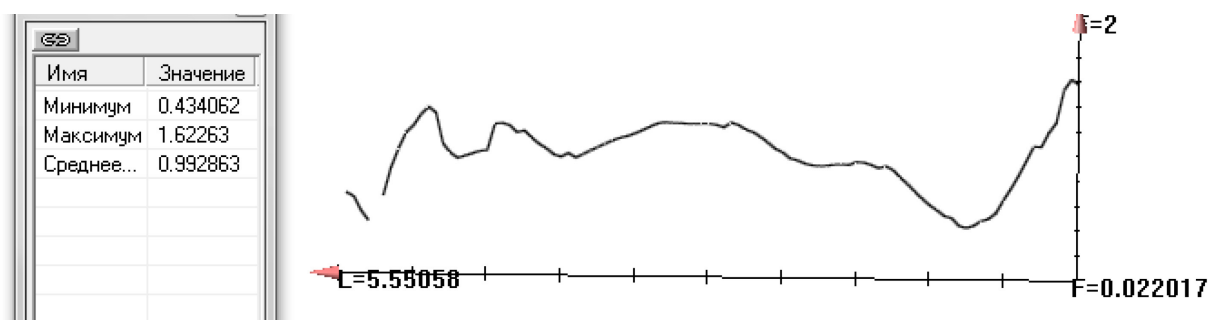


Рис. 3.17 Графік швидкостей у центральному виході

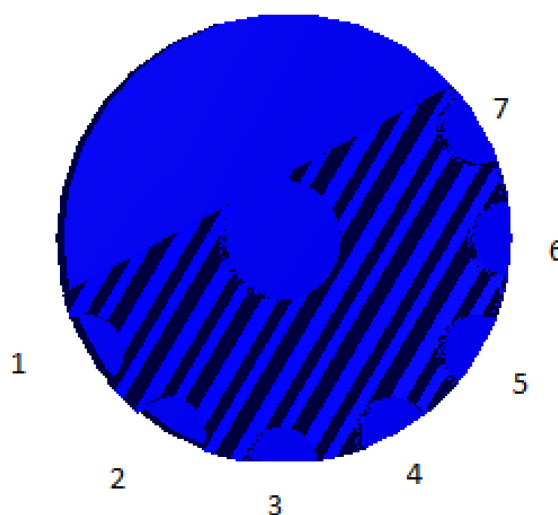


Рис. 3.18 Нумерація ситчастих стінок

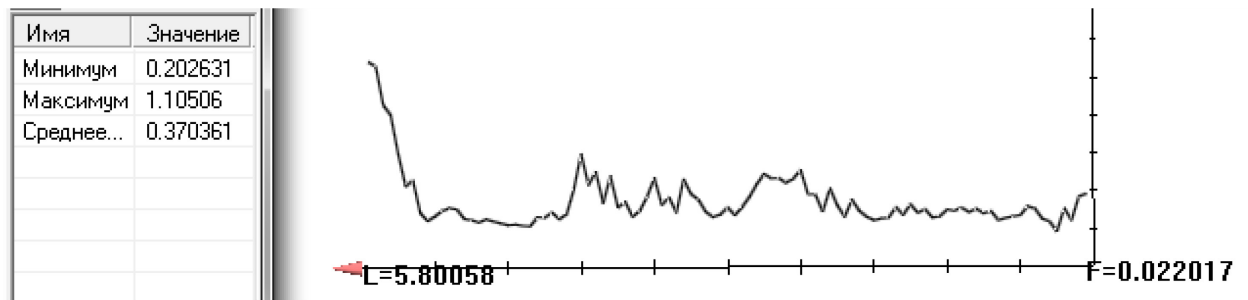


Рис. 3.19 Графік швидкостей на сьомому проході

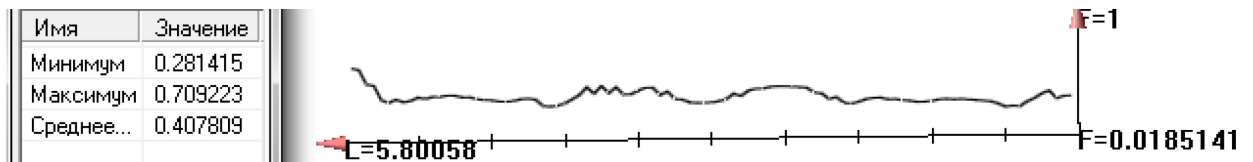


Рис. 3.20 Графік швидкостей на шостому проході

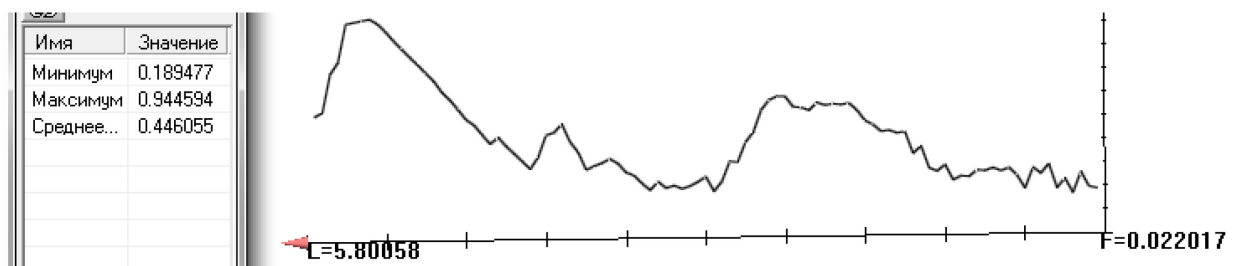


Рис. 3.21 Графік швидкостей на п'ятому проході

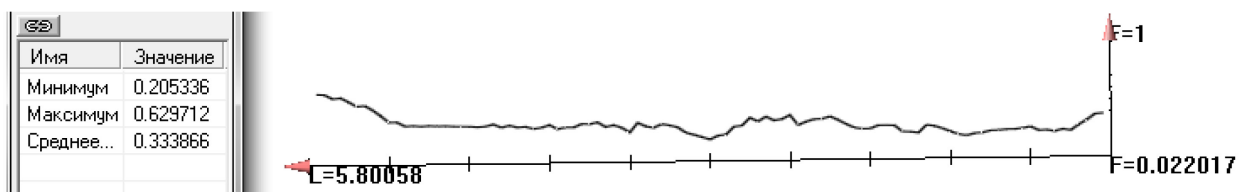


Рис. 3.22 Графік швидкостей на четвертому проході

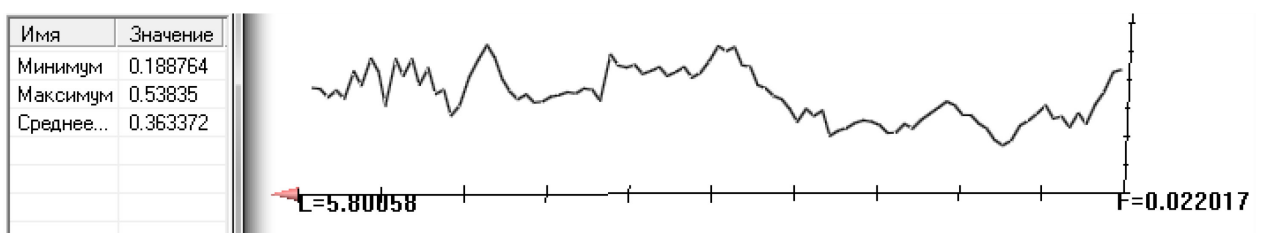


Рис. 3.23 Графік швидкостей на третьому проході

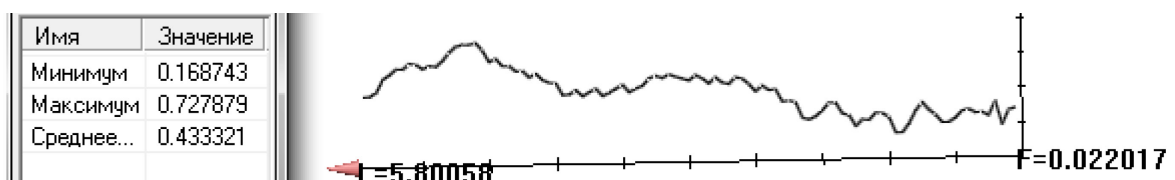


Рис. 3.24 Графік швидкостей у другому проході

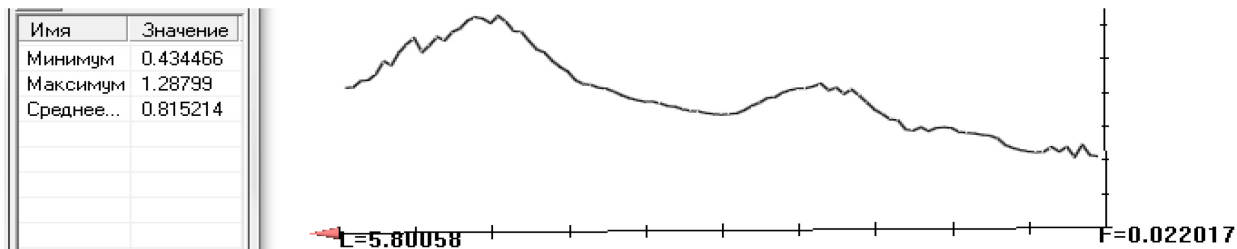


Рис. 3.25 Графік швидкостей в першому проході

Вцілому спостерігається тенденція до зниження швидкості руху по довжині ситчастих напівтрубок. Швидкість у верхніх напівтрубках значно вище ніж у нижніх, це свідчить про неефективну аерацію у верхній частині апарату. Це також підтверджую заливка з швидкостей.

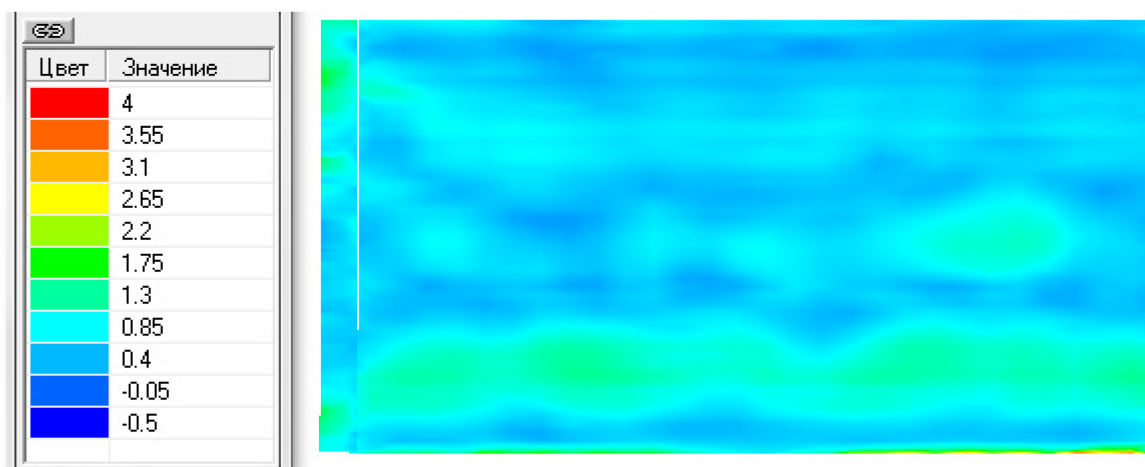


Рис. 3.26 Заливка швидкостей

Висновки та пропозиції

У зв'язку з виявленими проблемами можна запропонувати наступні вдосконалення:

1. Для вирівнювання шару солоду в барабані з плоским ситом буде доцільно використовувати поворотний механізм з можливістю реверсу. Щоб була можливість зрівняти шар солоду до рівня близького нулю.
2. Використання в апараті з плоским ситом бічного входу та виходу кондиціюючого колектора по центру апарата є дуже металоємким та зменшує корисний простір. Доцільніше встановити нижче вхід це дозволить зекономити простір, метал та зменшить опір до вхідного руху повітря.
3. Для покращення кондиціонування повітря з пустої частини апарату доцільно використовувати витяжні труби діаметром більше ніж на вході.

Або для особливо великих апаратів доцільно використовувати також витяжний компресор.

4. У апаратах з ситчастими трубами доцільно збільшити закриваючу планку ситчастих трубок, так щоб вони перекривали також і перші напівтрубки, що занурені в солод як мінімум на половину.

РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АПАРАТУ ДЛЯ ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ БАРАБАННОГО ТИПУ

4.1 Будова та принцип роботи обладнання

Пневматичний апарат барабанного типу призначений для пророщування солоду найвищої якості для потреб міні-пивоварень. Апарат являє собою горизонтальний сталевий циліндр, встановлений на двох парах опорних роликів. Пророщуване зерно заповнює барабан на 60% місткості. Солод продувається кондиціонованим повітрям, а переміщується в результаті повільного обертання барабана.

Запропонована модернізація має ряд переваг: збільшення продуктивності при тих самих розмірах барабану, покращення якості солоду через відсутність зон застою зерна та мінімальну імовірність відривання ростків під час зворушування солоду.

Принцип дії: повітря вдувається через впускний колектор (1) і потрапляє в простір між солодом та зовнішньою стінкою апарату (2). Далі повітря проходить через шар солоду де підживлює ростки своєю вологою і виводиться через центр апарату (3) і виводиться через колектор (4). Розроблений апарат є апаратом періодичної дії і здатен прорости до 8 тон солоду за один цикл

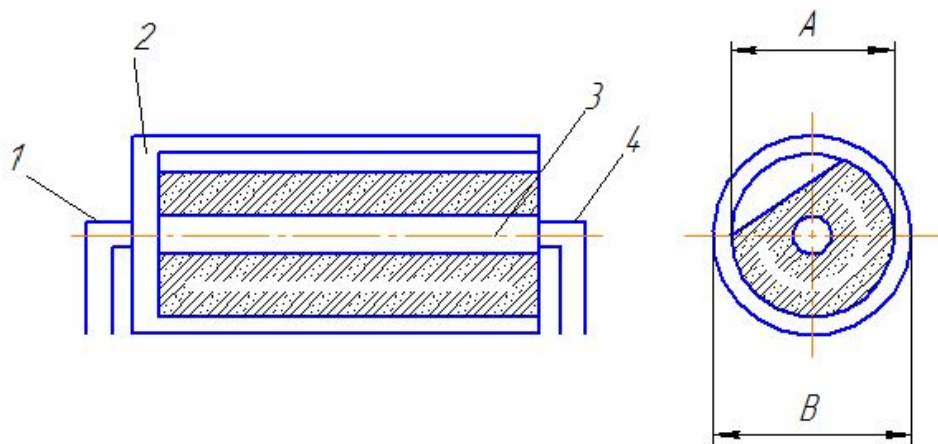


Рис 3.1. Схематичне зображення запропонованої модернізації: 1-впускний колектор; 2-впускна камера; 3-впускний циліндр; 4-впускний колектор

Барабан з плоским ситом (рис. 2) являє собою сталевий горизонтальний циліндр 1, що спирається за допомогою двох бандажів на дві пари опорних роликів 10. На одному з бандажів укріплена черв'ячна шестерня 14, яка знаходиться в зачепленні з черв'яком 13 і призводить барабан в повільне обертання. На корпусі барабана розташовані люк 12 для завантаження замоченого зерна і вивантаження пророслого солоду. Через ці ж люки миють і дезінфікують барабан. Усередині барабана укріплено циліндричне сито 11, на нього рівним шаром укладається пророщуване зерно. З торців барабан має днища, до яких підведені повітроводи 18 і 9. Між ними є камери для подачі кондиціонованого повітря і видалення відпрацьованого повітря.

Замочене зерно подається в барабан через люки 12. Висота шару зерна на ситі до 1 м. пророщувати зерно в нерухомому барабані при нижньому горизонтальному положенні сита. Повітряний нагнітається за повітроводи, проходить через міждонній камері в підсітковий простір, пронизує шар солоду і через сітку 5 внутрішнього днища 8 проходить праву міждонній камері і далі віддаляється з барабана через повітроводи 7.

Солод перемішується в результаті повертання барабана навколо горизонтальної осі два рази на добу. Під час обертання барабана (один оборот за 45 хв.) зерно рівномірно перемішується не зриваючи ростків. У перші дні завантаження замоченим зерном барабан знаходиться в спокої, завдяки чому прискорюється процес пророщування зерна. До продуванню шару зерна повітрям ($t = C$; $w = 100\%$) приступають після досягнення в зерні температури 16-17 °С доти, поки солод охолонув до 12-14°С. Свіжепророщений солод вивантажується через люки 10 шнеками, які встановлюються всередині барабана над ситом. У цей період сито знаходиться у верхньому горизонтальному положенні.

При малих обсягах виробництва доцільно використовувати великі барабани, розділені перегородками на кілька камер. Провітрювати кожен камеру можна окремо, не порушуючи режими пророщування двох партій солоду.

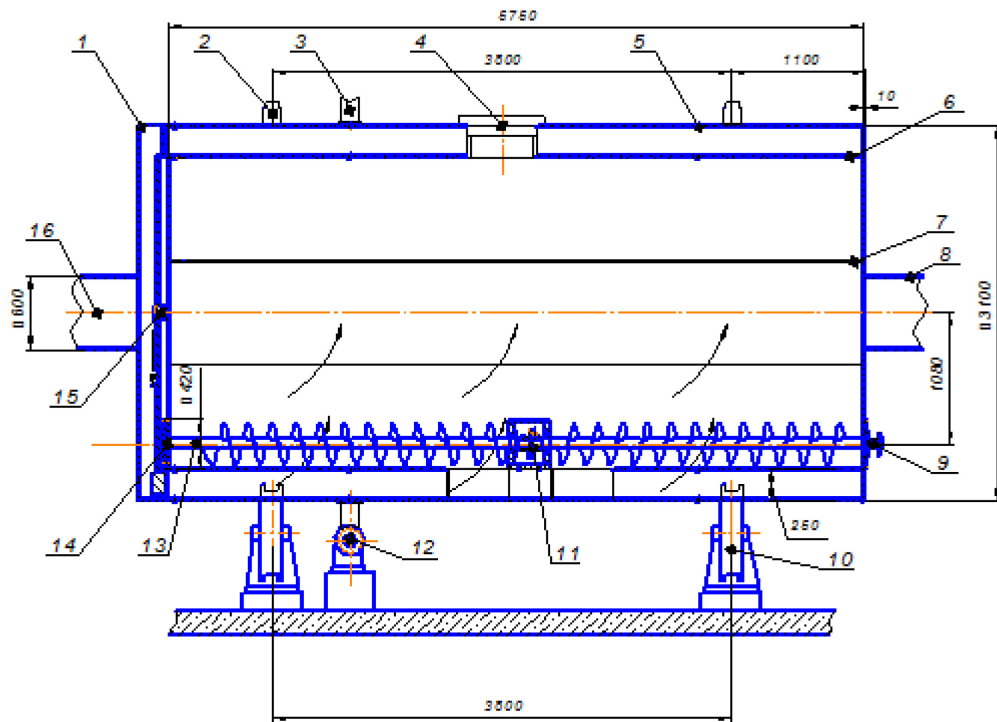


Рис. 3.2 Пневматичний барабанний солодоростильний апарат з циліндричними решітками: 1-корпус; 2-утримуючий бандаж; 3-приводний бандаж; 4-люк; 5-утримуючий тавр; 6-зовняшня сітка; 7-внутрішня сітка; 8-випускний колектор; 9-зірочка вивантажувального приводу; 10-утримуючі катки; 11-муфта; 12-приводний черв'як; 13-шнековий вивантажувач; 14-кришка; 15-перекриваючий механізм; 16-впускний колектор

4.2. Розрахунок апарата для пророщування солоду барабанного типу

4.2.1 Визначення основних розмірів барабана.

Розміри барабанів слід визначати залежно від кількості солоду, пророщуваного в барабанах, та ступеня їх наповнення.

Встановлено, що оптимальна ступінь заповнення для барабана з трубами становить - 60%.

Об'єм барабана розраховують за обсягом свіжопророщеного солоду, який приймають в 1,8 рази більше, ніж обсяг сухого зерна:

$$V_c = \frac{1,8 G_3}{\rho}, \quad (4.1)$$

де G_3 – кількість сухого зерна, одноразово переробляється в барабані, 8000 кг;

ρ – насипна щільність повітряно-сухого зерна, 650 кг/м³.

$$V_c = \frac{1,8 \cdot 8000}{650} = 22,15 \cdot \text{м}^3$$

Повний внутрішній об'єм барабана при ступені наповнення $\phi=0,6$

$$V_\phi = V_c / \phi. \quad (4.2)$$

$$V_\phi = 22,15 / 0,6 = 36,91 \text{м}^3$$

При заданому діаметрі D знаходяться геометричні розміри барабана.

Довжина заповнюваної солодом частини барабана

$$l_3 = \frac{4V_\phi}{\pi D^2}. \quad (4.3)$$

$$l_3 = \frac{4 \cdot 36,91}{\pi 3,1} = 5 \text{м}$$

Радіус зовнішнього сітчастого барабана, що розташовуються по периметру барабана приймаємо рівним 1,5 м

У барабані центральна труба повинна мати радіус

$$R_T = R / \sqrt{1 + \pi^2}. \quad (4.4)$$

$$R_T = 1,5 / \sqrt{1 + \pi^2} = 0,4 \text{м}$$

Таке співвідношення розмірів центральної труби забезпечує повноту перемішування солоду при ступені наповнення 60 %.

Повна довжина барабана може бути визначена за обсягом солоду і ступеня заповнення апарату:

$$L = \frac{1,8G_3}{\rho F} + nl, \quad (4.5)$$

де 1,8 – коефіцієнт збільшення обсягу зерна при пророщуванні в барабані;

F – площа поперечного перерізу шару солоду в барабані, $3,9 \text{ м}^2$ (барабан з ситчатими трубами $F = 0,6 \pi R^2$);

n – число міждонних камер в барабані із ситчатими трубами $n = 1$;

l – ширина міждонної камери ($l = 0,25 \div 0,30 \text{ м}$).

$$L = \frac{1,8 \cdot 8000}{650 \cdot 3,9} + 1 \cdot 0,25 = 5,6$$

4.2.3 Визначення потрібної потужності на привод барабана.

Проектуючи діючі сили на вертикальну вісь барабана, можна написати:

$$P_1 = \frac{P_C + P_B}{k \cos \alpha}, \quad (4.6)$$

Де: P_C – сила тяжіння маси солоду, 8000 Н;

P_B – сила тяжіння маси барабана, 1500 Н.

З рівняння реакція опорного ролика

$$P_1 = \frac{8000 + 1500}{4 \cdot \cos 30} = 15400 \text{ Н}$$

де α – кут розташування опорних роликів.

Для приведення в обертання барабана до зубам вінцевої шестерні необхідно прикласти силу, робота якої буде долати всі опору обертанню. За один оборот барабана робота (Дж) сили визначається за формулою

$$A = \pi D_B P, \quad (4.7)$$

де D_B – діаметр початкової окружності вінцевої шестерні, 3550 м.

$$A = \pi \cdot 3550 \cdot 15400 \text{ Дж}$$

де D_B – діаметр початкової окружності вінцевої шестерні, м.

Ця робота і, відповідно, потужність приводу барабана витрачається на подолання сили тертя кочення бандажів по опорних роликах, сили тертя ковзання цапф опорних роликів в підшипниках і сили опору солоду обертанню барабана.

Сила тертя кочення бандажів по роликах

$$P_{TP} = \mu \frac{P_1}{R_p} k, \quad (4.8)$$

де P_1 – реакція опорного ролика, 15400 Н;

μ – коефіцієнт тертя кочення, м (для стали по сталі $\mu = 0,05$);

R_p – радіус ролика, 0,8 м;

k – кількість опорних роликів, 4шт.

$$P_{TP} = 0,05 \frac{15400}{0,8} 4 = 3850 \text{ Н}$$

Реакцію опорного ролика можна знайти за сумарною силою тяжіння завантаженого барабана P_3 і куту між напрямом сили, що діє на ролик, і вертикаллю.

Робота сили тертя кочення A_1 (Дж) за один оборот барабана визначається у відповідності з рівнянням як добуток сили тертя на довжину кола бандажу:

$$A_1 = P_{TP} \pi D_{бж}, \quad (4.9)$$

$$A_1 = 3850 \cdot \pi \cdot 3,4 = 34100 \text{ Дж}$$

З врахуванням рівняння

$$A_1 = \pi D \frac{P_1}{R_p} \mu k. \quad (4.10)$$

де $D_{бж}$ – діаметр бандажу, 3400 м.

$$A_1 = \pi 3400 \frac{15400}{0,4} 0,05 \cdot 4 = 20500 \text{ Дж}$$

Робота тертя ковзання A_2 (Дж) цапф опорних роликів в підшипниках визначається за формулою

$$A_2 = \pi D_{ц} \frac{D_{бж}}{D_p} P_1 f k, \quad (4.11)$$

де $D_{ц}$ – діаметр цапф опорних роликів, 0,12 м;

f – коефіцієнт тертя ковзання.

$$A_2 = \pi \cdot 0,12 \frac{3,55}{0,8} 15400 \cdot 0,01 \cdot 4 = 4900 \text{ Н}$$

Робота сили опору солоду обертанню барабана A_3 (Дж) визначається як робота, витрачається на подолання сили тертя ковзання продукту по внутрішній поверхні барабана:

$$A_3 = \pi D f_c G_c g, \quad (4.12)$$

де f_c – коефіцієнт тертя ковзання солоду по поверхні барабана, 0,9

$$A_3 = \pi \cdot 3,4 \cdot 0,9 \cdot 8000 \cdot g = 754 \text{ кДж}$$

Робота на подолання сили тертя ковзання в місцях з'єднання барабана з повітроводами A_4 (Дж):

$$A_4 = 2 R_y T f_{ск}, \quad (4.13)$$

де R_y – радіус ущільнювальної шайби воздуховода, м;

$f_{ск}$ – коефіцієнт тертя ковзання барабана.

T – сила дії пружин, що притискують шайбу до повітропроводу, Н.

Повна робота, що здійснюються за один оборот барабана A (Дж):

$$A_4 = 2 \cdot 0,6 \cdot 20000 \cdot 0,05 = 1200 \text{ Дж}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4. \quad (4.14)$$

$$A = 20500 + 4900 + 754000 + 1200 = 780600 \text{ Дж}$$

Потрібна теоретична потужність для обертання барабана (κBm)

$$N = \frac{An}{1000\eta}, \quad (4.15)$$

де n – частота обертання барабана, c^{-1} (1 оберт за 45 хв);

η – ККД всіх ланок приводу барабана, 0,95

$$N = \frac{780600 \cdot 0,45}{1000 \cdot 0,95} = 850 Bm$$

По знайденому значенню $N_{об}$ по довідковій літературі вибирається стандартний двигун.

4.2.3 Тепловий баланс апарату для пророщування солоду

Схема теплового балансу пневматичної солодовні може бути представлена таким чином:

Прихід теплоти	Витрати теплоти
1. Тепловміст замоченого зерна $Q_1 = G_3 \cdot c_3 \cdot t_2$ (4.16)	1. Тепловміст сирого солоду $Q_5 = G_c \cdot c_c \cdot t_3$ (4.20)
2. Теплота, що виділяється при пророщенні $Q_2 = q \cdot S$ (4.17)	2. Тепловміст відпрацьованого повітря $Q_6 = I_2 \cdot L$ (4.21)
3. Тепловміст апарата при завантаженні $Q_3 = G_a \cdot c_a \cdot t_2$ (4.18)	3. Тепловміст апарата при завантаженні $Q_7 = G_a \cdot c_a \cdot t_3$ (4.22)
4. Тепловміст кондиційованого повітря $Q_4 = I_1 \cdot L$ (4.19)	4. Витрати теплоти в навколишнє середовище $Q_8 = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau$ (4.23)

Позначення:

G_3, G_c – маса замоченого зерна та сирого солоду, кг;

t_2, t_3 – температури відповідно зерна при завантаженні та солоду при вивантаженні, °С;

c_3, c_c, c_a – питомі теплоємності зерна, солоду та матеріалу стінок апарату, кДж/(кг·град);

q – кількість теплоти, яка виділяється при пророщуванні ячменю на кожен кілограм витрати сухих речовин (за даними Центральної науково-дослідної лабораторії бродильної промисловості, для вітчизняних ячменів $q = 17982$ кДж);

S – витрати сухих речовин при пророщуванні, кг;

G_a – маса частин апарату, що нагріваються при солододорощенні, кг;

I_1, I_2 – тепловміст кондиційованого та відпрацьованого повітря, кДж/кг;

L – витрати повітря на провітрювання солоду, кг;

α – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні барабана Вт/(м² град);

τ – тривалість пророщення солоду, год.

Рівняння теплового балансу має вигляд:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + I_1 \cdot L = Q_5 + I_2 \cdot L + Q_7 + Q_8 \quad (4.16)$$

Значення Q_3 (тепловміст барабана при завантаженні) та Q_7 (тепловміст при розвантаженні) мало відрізняються між собою, тому для спрощення розрахунку обидві ці величини можна виключити з рівняння теплового балансу. Тоді витрати повітря на провітрювання солоду будуть дорівнювати:

$$L = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_5 - Q_8}{I_2 - I_1} \text{ кг} \quad (4.17)$$

Дані для розрахунку:

Апарат для пророщування солоду барабанного типу має сито, на яке завантажуються 8т ячменю (вважаючи по масі повітряно-сухого ячменю)

Розміри сит ящика - 3,1х6 м.

Згідно із продуктивним розрахунком на кожну тонну очищеного ячменю доводиться приблизно:

- замоченого ячменю, $\omega = 45\% - 4000 \text{ кг}$
- сирого солоду, $\omega = 43\% - 4000 \text{ кг}$
- витрати сухих речовин при солодженні, $S - 45 \text{ кг}$.

Параметри повітря приймаємо наступні:

- кондиційованого – $t_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 98 \%$;
- відпрацьованого – $t_2 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 85 \%$.

Розраховуємо тепловміст всіх теплоносіїв: $Q_1, Q_2, Q_5, Q_8, I_1, I_2$.

Питомі теплоємності вологих продуктів прийнято розраховувати як середньозважену величину з теплоємкостей сухих речовин c_0 і води:

$$c = c_0 \cdot \frac{100-\omega}{100} + \frac{\omega}{100} \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)} \quad (4.18)$$

Якщо вологість продукту виражена у відсотках до маси сухих речовин, то ця формула набере наступного вигляду:

$$c = \frac{c_0 + 0,01\omega^c}{1 + 0,01\omega^c} \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)} \quad (4.19)$$

Питома теплоємність сухих речовин ячменю та ячмінного солоду дорівнює $c_0 = 1,423 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$.

Тоді

$$c_3 = 1,423 \cdot \frac{100 - 45}{100} + \frac{4,1868 \cdot 45}{100} = 2,667 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$$

$$c_c = 1,423 \cdot \frac{100 - 43}{100} + \frac{4,1868 \cdot 43}{100} = 2,611 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{град)}$$

Задаючись температурами замоченого зерна $t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ та сирого солоду $t_3 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, знаходимо витрати теплоти:

$$Q_1 = 5,5 \cdot 1500 \cdot 2,667 \cdot 10 = 220028 \text{ кДж}$$

$$Q_5 = 5,5 \cdot 1400 \cdot 2,611 \cdot 16 = 321675 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 17982 \cdot 45 \cdot 5,5 = 4450545 \text{ кДж}$$

Витрати теплоти в навколишнє середовище враховуються лише з відкритої поверхні солоду, оскільки витрати теплоти через стінки барабана за наявності малого температурного перепаду невеликі.

Середню температуру солода в апараті за весь час пророщення (включаючи період зігрівання) можна прийняти рівною 15 °С, а температуру в приміщенні солодовні - 13 °С. Тоді

$$Q_8 = 25,12 \cdot 2,56 \cdot 4,5 \cdot (15 - 13) \cdot 24 \cdot 8 = 111123 \text{ кДж},$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі з відкритої поверхні солоду, умовно прийнятий нами рівним Вт/(м² град);

τ – загальна тривалість солодження, $\tau = 24 \cdot 8 = 192$ год.

Тепловміст кондиційованого повітря буде дорівнювати:

$$I_1 = 1,005 \cdot t + 1,88 \cdot t \cdot x \cdot 0,98 + 2500 \cdot x = 1,005 \cdot 12 + 1,88 \cdot 12 \cdot 0,0089 \cdot 0,98 + 2500 \cdot 0,0089 \cdot 0,98 = 34,06 \text{ кДж(4.20)}$$

Тепловміст відпрацьованого повітря визначаємо:

$$I_2 = 1,005 \cdot 16 + 1,88 \cdot 16 \cdot 0,01159 \cdot 0,85 + 2500 \cdot 0,01159 \cdot 0,85 = 41,0 \text{ кДж}$$

Для визначення тепловмісту I знаходимо за таблицею вологовміст для насиченого повітря при 12° С – $x = 0,0089$ кг/кг і для насиченого повітря при 16°С – $x = 0,01159$ кг/кг. Потім відповідно величині відносної вологості помножимо ці величини на 0,98 і на 0,85.

Витрати повітря за весь період солодження визначаються як:

$$L = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_5 - Q_8}{I_2 - I_1} = \frac{220028 + 4450545 - 321675 - 111123}{41,0 - 34,06} = 610630 \text{ кг(4.21)}$$

Для підбору вентилятора потрібно визначити об'ємні годинні витрати повітря. Щільність кондиційованого повітря дорівнює

$$\rho = \frac{p \cdot (1+x)}{47,1 \cdot (0,622+x) \cdot T} = \frac{10330 \cdot (1+0,0089 \cdot 0,98)}{47,1 \cdot (0,622+0,0089 \cdot 0,98) \cdot 285} = 1,23 \text{ кг/м}^3 \quad (4.22)$$

Витрати повітря за весь період пророщування солоду в об'ємних одиницях дорівнює:

$$V = \frac{610630}{1,23} = 496448 \text{ м}^3 \quad (4.23)$$

Під час пророщування теплота виділяється нерівномірно, тому продуктивність вентилятора має бути підібрана з врахуванням цієї нерівномірності. При індивідуальному встановленні вентилятор потрібно підбирати задаючись продуктивністю, яка в 1,9 рази більше

середньогодинної. Якщо провітрювання проводиться протягом 6,5 діб, то продуктивність вентилятора для даного випадку дорівнюватиме:

$$V_b = \frac{496448 \cdot 1,9}{6,5 \cdot 24} = 5728 \text{ м}^3/\text{год}$$

На кожну тонну ячменю, що переробляється, за даних умов максимальні витрати повітря складають:

$$V_{\text{пит}} = \frac{5728}{5,5} = \frac{1042 \text{ м}^3}{\text{год}} \quad (4.24)$$

З рівняння теплового балансу видно, що витрати повітря залежать від витрат сухих речовин (визначальне виділення тепла), різниці тепловмісту відпрацьованого і тепловмісту кондиційованого повітря і нерівномірного режиму провітрювання.

4.2.4 Матеріальний баланс солодовні

Маса товарного зерна, необхідного для отримання $G_{\text{сорт}}$ кг сортового зерна,

$$G_{\text{тов}} = \frac{G_{\text{сорт}} 100}{100 - P_{\text{оч}}} \frac{100}{100 - P_{\text{хр}}}, \quad (4.25)$$

де $P_{\text{оч}}$ – витрати при очищенні і сортируванні, 1 %;

$P_{\text{хр}}$ – витрати при зберіганні, 1 %.

$$G_{\text{тов}} = \frac{8000 \cdot 100}{100 - 1} \frac{100}{100 - 1} = 8,160 \text{ кг}$$

Кількість відходів при сортуванні

$$G_{\text{отх сорт}} = G_{\text{тов}} \frac{P_{\text{оч}}}{100} = 8160 \frac{1}{100} = 81,6.$$

$$G_{\text{отх сорт}} = 8160 \frac{1}{100} = 81,6 \quad (4.26)$$

Маса сухих речовин замоченого зерна

$$G_{\text{св}} = \frac{G_{\text{сорт}} (100 - W_{\text{сорт}})}{100}, \quad (4.27)$$

де G – маса сортового зерна, кг;

$W_{\text{сорт}}$ – вологість сортового зерна, 4 %.

$$G_{\text{св}} = \frac{8000(100 - 4)}{100} = 7680 \text{ кг}$$

Кількість замоченого зерна

$$G_3 = \frac{G_{CB}(100 - \Pi_3)}{100 - W_3}, \quad (4.28)$$

де G_{CB} – маса сухих речовин замоченого зерна, кг;

Π_3 – витрати сухих речовин зі сплавом і на вилуговування при замочуванні, %;

W_3 – вологість замоченого зерна, %.

$$G_3 = \frac{7680(100 - 1)}{100 - 44} = 13580$$

Маса сухих речовин свіжепророслого солоду

$$G_{\Pi\P}^{CB} = G_3 \frac{(100 - W_3)}{100} \frac{(100 - \Pi_{\Pi\P})}{100}, \quad (4.29)$$

де $\Pi_{\Pi\P}$ – витрати на дихання при пророщування, %.

$$G_{\Pi\P}^{CB} = 13580 \frac{(100 - 44)}{100} \frac{(100 - 1)}{100} = 7528$$

Кількість води що звільняється

$$W = S \left(0,55 + \frac{W_{\Pi\P}}{100 - W_{\Pi\P}} \right), \quad (4.30)$$

де S – витрати при диханні, кг;

0,55 – кількість води, що виділяється при згорянні 1 кг крохмалю, кг.

$$W = 100 \left(0,55 + \frac{44}{100 - 44} \right) = 62,8$$

Маса свіжепророслого (зеленого) солоду

$$G_{\Pi\P} = \frac{G_{\Pi\P}^{CB} 100}{100 - W_{\Pi\P}}, \quad (4.31)$$

де $G_{\Pi\P}^{CB}$ – маса сухих речовин свіжепророслого солоду;

$W_{\Pi\P}$ – вологість свіжепророслого солоду.

$$G_{\Pi\P} = \frac{7528 \cdot 100}{100 - 44} = 13442$$

У рівнянні (3.40) враховується волога, що виділяється при солодощенні як продукт дихання ($0,55S$), та волога, яка вивільняється за рахунок витрат сухих речовин ($SW_{PP}/(100-W_{PP})$).

Кількість вуглекислоти, що утворюється:

$$G_{ye} = 1,63S = 163, \quad (4.32)$$

де $1,63$ – кількість вуглекислоти, що виділяється при згорянні 1 кг крохмалю, кг.

Кількість сухого очищеного від паростків солоду

$$G_{cux} = G_{cort} \frac{100 - W_{cort}}{100 - W_{cux}} \frac{100 - (P_3 + P_{PP} + P_{rost})}{100}, \quad (4.33)$$

де P_{rost} – витрати на паростки, %;

W_{cux} – Вологість висушеного солоду, %.

$$G_{cux} = 8000 \frac{100 - 4}{100 - 7} \frac{100 - (1 + 44 + 20)}{100} = 7100$$

5. МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АПАРАТУ ДЛЯ ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ

5.1 Монтаж апарата для пророщування солоду барабанного типу

Перед початком монтажу потрібно ретельно очистити апарат від антикорозійних покриттів. З метою зменшення витрат на транспортування зерна апарат для замочування ячменю встановлюють, як правило, поруч із апаратом для пророщування солоду та приміщенням для зберігання зерна. Апарата для замочування встановлюється на опори, які зварюються в точках контакту ємності та самих опор. Апарат для пророщування солоду встановлюється на бетонний фундамент. Глибина залягання фундаменту залежить від якості ґрунту, але не повинна бути менш ніж 436 мм. Монтаж слід проводити по рамному рівню. Точність встановлення барабану в обох напрямках становить 0,5/1000 мм.

Після вивірки апаратів фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону затягують гайки фундаментних болтів, перевіривши при цьому положення барабана за рівнем. Затягування гайок потрібно проводити рівномірно й плавно. Після цього під раму барабана підливається цементний розчин та здійснюється остаточне оброблення фундаменту, при якому потрібно передбачити закладку труб для підведення електроживлення до автоматичного вимикача та від автоматичного вимикача до апаратів солодоростильного відділення.

Місце встановлення автоматичного вимикача вибирається з урахуванням того, щоб він не заважав під час роботи та ремонту. Заземляють апарати до загальної системи заземлення.

Перевіряють правильність зчеплення зубчастих пар. Після підключення приводів до електромережі перевіряють правильність обертання барабанів для відповідного перемішування матеріалу в барабанах.

5.2. Технічне обслуговування апарату

Технічне обслуговування проводиться експлуатаційним (апаратниками,

операторами, машиністами та ін.) та обслуговуючим черговим персоналом (помічниками майстрів, черговими слюсарями, електриками, майстрами КВП та ін.) під керівництвом начальників змін (ділянок, відділу, змінних майстрів) згідно з інструкціями, що діють на підприємствах.

Залежно від характеру та об'єму робіт, що проводяться, та відповідно стандарту передбачається щозмінне (ЩО) та періодичне (ТО) технічне обслуговування.

Щозмінне технічне обслуговування дає можливість забезпечити надійну роботу обладнання між ремонтами та є основним та вирішальним профілактичним заходом.

Для цього на всіх підприємствах потрібно мати чіткі інструкції для кожного робочого місця, де мають бути зазначені чіткі вказівки по щозмінному технічному обслуговуванню кожного виду обладнання, що входить в технологічну систему.

При щозмінному технічному обслуговуванні проводяться наступні види робіт: обтирання, очищення, регулярний зовнішній огляд, підтяжка сальників, перевірка стану масляних систем підшипників, стану кріпильних деталей, з'єднань, їх підтяжка, перевірка справності заземлення, усунення дрібних дефектів, часткове регулювання, перевірка загального стану теплової ізоляції та протикорозійного захисту, а також стану захисних пристроїв із метою забезпечення безпечних умов праці і ін.

Щозмінне технічне обслуговування проводиться як правило без зупинки технологічного процесу.

Виявлені дефекти та несправності повинні бути усунені в максимально можливі короткі терміни силами технологічного та чергового ремонтного персоналу даної зміни, і фіксуватися в змінному журналі, який є первинним документом, де відображається технічний стан та працездатність встановленого обладнання, і служить для контролю роботи чергового ремонтного персоналу.

Перед початком зміни потрібно ознайомитися із записами попередньої зміни та станом обладнання; при виявленні дефектів та несправностей, що не

відображені в журналі, зробити про це відповідний запис.

У змінному журналі потрібно фіксувати: результати оглядів встановленого обладнання; всі дефекти, недоліки й несправності, що порушують нормальну роботу обладнання, або безпеку умов праці; заходи, прийняті для усунення дефектів та несправностей; порушення правил технічної експлуатації обладнання технологічним персоналом і прізвища порушників; відмітки про усунення дефектів й несправностей, а також ставиться підпис особи, яка усунула дефект.

Періодичне технічне обслуговування виконується через встановлені в експлуатаційній документації значення напрацювання або проміжки часу. Планування періодичного технічного обслуговування ведеться в річному графіку ППР.

Для обладнання бродильних виробництв з безперервним технологічним процесом періодичне технічне обслуговування може проводитися під час планово-періодичної зупинки (ППЗ) обладнання згідно із вимогами технологічних регламентів. Періодичне технічне обслуговування передбачає проведення наступних видів робіт: проведення технологічного очищення від залишків продуктів апаратів, агрегатів, машин, магістральних трубопроводів та іншого обладнання, яке не дублюється та без якого технологічна система працювати не може.

Основним завданням періодичного ТО є усунення дефектів, що не можуть бути виявлені або усунені в період роботи обладнання.

Залежно від характеру та обсягу майбутніх робіт для проведення періодичного технічного обслуговування може залучатися ремонтний персонал технологічного цеху або централізованого ремонтного підрозділу.

Підготовка обладнання до проведення періодичного технічного обслуговування здійснюється змінним персоналом під керівництвом начальників змін, які несуть персональну відповідальність.

Прийняті заходи з техніки безпеки, а також здачу обладнання в періодичне ТО та приймання його після проведення технічного

обслуговування слід фіксувати в журналі.

Типовий перелік робіт, які проводяться ремонтним персоналом під час періодичного ТО, повинен складатися у вигляді додатка до ремонтного журналу.

5.3. Ремонт апарату для пророщування солоду

Відповідно до особливостей пошкоджень і зношування складових частин обладнання, а також трудомісткості ремонтних робіт, системою технічного обслуговування та регламентом передбачається проведення поточного (ПР) та капітального (КР) ремонтів.

Перелік основних робіт, які виконуються, як правило, при поточному ремонті: проведення операцій періодичного технічного обслуговування; заміна швидкозношуваних деталей і вузлів; ремонт футерувань, лакофарбових та протикорозійних покриттів; заміна набивки сальників й прокладок, ревізія арматури; перевірка на точність; ревізія електрообладнання.

Типовий перелік робіт, що підлягають виконанню при поточному ремонті конкретного обладнання, складається керівником ремонтного підрозділу (заступником начальника цеху по устаткуванню, механіком цеху або начальником ділянки, майстром ЦЦР, РМЦ), затверджується керівниками інженерних служб підприємства і є обов'язковим додатком до ремонтного журналу.

Під час проведення капітального ремонту здійснюється відновлення справності і повного або близького до повного відновлення ресурсу обладнання із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові. Під базовою частиною розуміють основну частину обладнання, призначену для його компоновки і установки інших складових частин.

При капітальному ремонті проводять часткове, а за необхідністю – і повне розбирання обладнання.

У обсяг капітального ремонту входять наступні основні роботи: заходи з поточного ремонту; заміна або відновлення всіх зношених деталей і вузлів; повна або часткова заміна ізоляції, футерування, протикорозійного захисту;

вивіряння і центрування машини; післяремонтні випробування і тому подібне.

Детальний перелік робіт, які потрібно виконати при проведенні капітального ремонту конкретного виду обладнання, встановлюється у відомості дефектів.

Рекомендовано складати типову відомість дефектів на капітальний ремонт кожного виду (або групи однакового) обладнання.

При плануванні ремонтів основними документами є:

- встановлені ремонтні нормативи;
- норми періодичності огляду і випробування ємностей та апаратів;
- список капітального ремонту основних фондів підприємства;
- річний графік планово-періодичних ремонтів обладнання;
- місячний план-графік-звіт ремонту обладнання;
- кошторисно-технічна документація;
- акт на встановлення (зміну) календарного терміну ремонту попереднього року;

Ремонтна документація – це організаційно-технічні, нормативно-технічні, економічні, технологічні і робочі конструкторські документи, які необхідні для організації та виконання робіт, направлених на відновлення роботоздатності і повного (або близького до повного) ресурсу обладнання.

Відомість дефектів (ВД) є підставою для визначення обсягів ремонтних робіт по видах, які потрібні для ремонту матеріальних ресурсів, розподілення їх по окремих об'єктах ремонту (одиницям обладнання), складання кошторисів, розроблення мережових або лінійних графіків, технологічних карт виробництва, робіт на окремих об'єктах ремонту, спільної організації і технологій ремонту всього технологічного комплексу.

Відомість дефектів є детальним переліком дефектів (несправностей, пошкоджень деталей, вузлів технологічного обладнання, технологічних комунікацій, передавальних пристроїв, приладів і т.п.) з вказуванням заходів щодо усунення дефектів, перерахуванням потрібних матеріалів і запасних частин.

ВД повинна містити перелік дефектів, не тільки передбачуваних або виявлених при огляді в період підготовки обладнання для здачі в ремонт, але і уточнених при розбиранні машини, агрегату, апарату та їх вузлів. Для цього при складанні відомості дефектів передбачається стадія уточнення.

Кошторис – основний плановий документ для фінансування витрат з бюджету. Кошторис встановлює об'єм, цільовий напрям і розподілення бюджетних асигнувань на витрати, зокрема, на капітальний ремонт обладнання.

Графіки ремонтних робіт дають можливість провести ремонт в оптимальні терміни. Графік зупинки на капітальний ремонт підприємств, цехів і особливо важливих об'єктів (календарний графік) дозволяє ремонтній організації (підрядникові) своєчасно здійснити інженерну підготовку ремонтного виробництва: розробити графіки проведення ремонтних робіт на окремих об'єктах (лінійні графіки), передбачити номенклатуру і об'єм робіт, їх кошторисну вартість, трудовитрати, склад ремонтних бригад (ділянок, ланок), необхідні механізми та інструмент, календарні дати виконання робіт, їх лінійну послідовність і тривалість.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація служби охорони праці на підприємстві

Усі працівники при прийнятті на роботу та в процесі роботи проходять на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки, надання першої допомоги потерпілим під час нещасних випадків, а також правила поведінки при виникненні аварій.

Посадові особи і спеціалісти, інші працівники підприємств, а також приватні особи, які зайняті проектуванням, виготовленням, монтажем, налагоджуванням, ремонтом, реконструкцією, діагностуванням та експлуатацією об'єктів проходять підготовку (підвищення кваліфікації), перевірку знань правил у порядку, передбаченому Типовим положенням про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці і Типовим положенням про спеціальне навчання, інструктаж і перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України.

Працівники, зайняті на роботах, передбачених Переліком робіт з підвищеною небезпекою, повинні проходити спеціальні навчання і не менше одного разу на рік перевірку знань відповідних нормативних актів про охорону праці.

Контроль за навчанням та періодичністю перевірки знань з питань охорони праці здійснює служба охорони праці або працівники, на яких покладені ці обов'язки керівником підприємства.

Інструктажі. Відповідно до діючого законодавства України, на адміністрацію підприємств та організації покладається проведення інструктажів працівників та службовців з техніки безпеки. Інструктаж працюючих проводять незалежно від їх кваліфікації та стану роботи.

Ввідний інструктаж по техніці безпеки з усіма влаштованими на підприємстві працівниками, проводить інженер по охороні праці.

Перед допуском до самостійної роботи з кожним новим працівником проводять первинний інструктаж.

Повторний інструктаж проводиться майстром на робочому місці з встановленою для даного виду робіт періодичністю.

Позаплановий інструктаж проводиться при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушеннях працівниками техніки безпеки майстром індивідуально.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками перед виконанням робіт, на які оформлюється наряд-допуск, де фіксується інструктаж.

Техніка безпеки при обслуговуванні апарату для пророщування солоду барабанного типу

До експлуатації апарату допускаються лише ті особи, які пройшли відповідну підготовку. Перебування сторонніх осіб у зоні обслуговування при роботі апарату не рекомендується.

Апарат повинен бути під'єднаний до системи витяжної вентиляції. Робота апарату без видалення паровиділень не допускається.

Апарат повинен бути надійно заземлений. Щоденно перед включенням апарату потрібно перевіряти цілісність та надійність кріплення заземлюючого контуру, з'єднуючого болт заземлення з шиною чи контуром заземлення.

Щорічно повинні проводитись вимірювання опору заземлення, опору ізоляції.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації пневматичного апарату для пророщування солоду барабанного типу.

При проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації підприємств з виробництва солоду, розробці нових технологічних процесів та видів устаткування повинні бути передбачені заходи, які виключають або зменшують до допустимих меж вплив на працівників наступних небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

1) фізичні фактори:

- рухомі транспортні засоби, машини, механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання (робочі органи солодозворощувача);

- підвищена запиленість повітря робочої зони (склади зерна);
- загазованість повітря робочої зони (виділення діоксиду вуглецю при солодопророщуванні);
- підвищений рівень шуму на робочих місцях (робочі органи солодозворощувача);
- підвищений рівень вібраційного навантаження на оператора;
- підвищена вологість повітря (в солодовому цеху);
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може статися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- недостатня освітленість робочої зони;

2) хімічні фактори:

- токсичну та подразнюючу дію аміаку, миючих та дезінфікуючих засобів на органи дихання, шкірні покриви і слизові оболонки;

3) психофізіологічні фактори:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

Працівник повинен дотримуватись вимог правил внутрішнього трудового розпорядку:

- дотримуватись технологічної дисципліни;
- дбайливо ставитися до устаткування, інструменту і пристроїв, спецодягу та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), зберігати їх у спеціально відведених місцях;
- утримувати в чистоті робоче місце.

Не допускається управління устаткуванням, яке обслуговується іншими працівниками, крім його вимкнення при виникненні аварійної або травмонебезпечної ситуації.

На робочому місці не дозволяється палити, вживати спиртні напої та інші речовини, що справляють наркотичну дію на організм людини. Палити дозволяється тільки у спеціально відведених і обладнаних місцях.

Щоб запобігти травмуванню та виникненню травмонебезпечних ситуацій, потрібно дотримуватися наступних вимог:

- не залишати працююче устаткування без нагляду та не допускати до роботи на ньому осіб, які не пройшли навчання;
- працювати на справному устаткуванні, зі справними пристроями та інструментом;
- при виявленні несправностей потрібно повідомити безпосередньо керівника або ліквідувати їх самостійно, якщо це передбачено посадовою інструкцією. Забороняється працювати на устаткуванні зі знятими захисними засобами травмонебезпечних зон;
- не торкатися до неізольованих або пошкоджених проводів, не відчиняти дверці електрошаф та не ремонтувати електроустаткування, яке вийшло з ладу;
- не виконувати роботи, які не передбачені посадовими інструкціями.

Мікроклімат

Мікроклімат нормується за допустимими нормами тому, що для початку проростання необхідна порівняно низька вологість зерна - близько 35 - 40%, яка повинна бути забезпечена тим чи іншим шляхом. Щоб за відведений час пророщування був досягнутий бажаний обмін речовин, потрібний рівень вологості 44 - 48 і навіть 50%, встановлений лише після початку пророщування. Підтримка цього рівня протягом усього часу пророщування має велике значення для розвитку процесів життєдіяльності. Температура впливає на фізіологічні процеси при пророщуванні і надає аналогічний вплив. Так, сприятливі для зростання температури знаходяться в межах 14 - 18° С, при більш низьких процес проростання сповільнюється, при занадто високих - прискорюється і розвивається нерівномірно. При температурі близько 3° С

видимі життєві процеси завмирають; при температурі близько 40° С і значною вологості зародок втрачає здатність до проростання і гине.

Потреба в кисні обумовлена тим, що необхідна для зростання зародка енергія виходить в результаті дихання, тобто процесу окислення. Дихання являє собою ряд послідовно йдуть реакцій, при яких певні продукти обміну речовин «згорають» до вуглекислого газу і води з виділенням певної кількості тепла. До настання фази росту повинен бути забезпечений доступ оптимальної кількості кисню. На більш пізніх стадіях проростання може проявитися дію вуглекислоти, яка гальмує дихання і занадто бурхливий розвиток процесів. Нестача кисню веде до розвитку анаеробного обміну речовин, продукти якого можуть суттєво впливати на якість готового солоду. Тому всі вище описані показники повинні бути дотримані з максимальною точністю заради отримання якісної сировини.

Вентиляція

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в солодоростильному приміщенні передбачена система вентиляції і опалювання за ГОСТом 12.2.028-84.

У солодовому відділенні передбачена штучна-загально обмінна, приливно-витяжна вентиляція, постійно діюча. Крім цього ще передбачена аварійна вентиляція, опалення в цих приміщеннях також передбачене у вигляді калориферів які підтримують постійну стабільну температуру.

У непромислових приміщеннях передбачена як природна, так і штучна вентиляція, місцева припливно-витяжна. Також передбачене центральне опалення.

Освітлення

У приміщеннях солодоростильного відділення використовується переважно штучне освітлення в зв'язку з тим, що вони мають приміщення закритого характеру. Штучне освітлення здійснюється за допомогою світильників. Освітленість приміщення при штучному світлі повинна бути не

менше 30 лк.

Шум

Шум є одним із найбільш розповсюдженим фактором, що впливає на людину. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втоми, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Допустимі норми шуму для заводів з виробництва солоду приймають згідно з ГОСТ 12.1.003-83.

Випромінювання теплове

У солодоростильних цехах зазвичай існує тільки теплове випромінювання, яке виникає внаслідок нагрівання поверхні обладнання, тобто нагрівання електродвигунів та тертя між вузлами машини тощо. В теплий період року додається ще й теплота сонячного випромінювання.

Електробезпека

З точки зору електробезпеки виробничих приміщень солодові виробництва відносяться до підвищеного рівня небезпеки. У відповідності з цим встановлена безпечна напруга 12В, промислова частота 50 Гц, струм – постійний. Проводка у виробничих приміщеннях виконана ізольованими кабелями.

В відділенні солодовні лампи встановлюються у вибухонебезпечних світильниках.

Електродвигуни і пускові пристрої для обладнання солодовень виконуються в закритому виконанні.

Колективні засоби електрозахисту:

- заземлення всіх металевих не струмоведучих конструкцій електричного обладнання;
- застосування системи захисного відімкнення електричного струму живлення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;

- усі машини цеху, що живляться змінною напругою 220/380 В обладнуються заземленням і аварійним відімкненням;
- електричне освітлення здійснюється струмом напругою 127/220 В за обов'язкового встановлення світильників загального освітлення на висоті не нижче 4 м;
- всі електричні щити живлення мають бути закриті захисними коробками. Під щитами повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);
- приміщення цеху обладнується знаками безпеки;
- ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

Індивідуальні засоби захисту від електричного струму:

1) ізолюючі:

- основні (діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими ручками);
- додаткові (діелектричні калоші, килимки та діелектричні підставки);

2) огорожувальні (ізолюючі підкладки, клітки, переносні заземлення).

Пожежна безпека

Пожежна безпека на підприємстві, де виробляють солод, повинна відповідати вимогам Закону України «Про пожежну безпеку», Правил пожежної безпеки в Україні та вимогам відповідних нормативних актів та ГОСТу 12.1.004-91.

Категорія приміщення солодового заводу відноситься до категорії Д. Технологічне устаткування за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним. На випадок небезпечних несправностей і аварій необхідно передбачити заходи, що обмежують масштаб і наслідки пожежі.

Технологічне устаткування, трубопроводи, що виділяють вибухонебезпечні пари, гази та пил, повинні, як правило, бути герметичними.

Усі виробничі приміщення мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. Д

Пропозиції по покращенню умов охорони праці

Головною небезпекою апарату для пророщування солоду барабанного типу є висока потужність електродвигуна, що створює небезпеку випадкового затягання частин одягу у відкриту передачу, тому я пропоную:

- Встановити датчики наближення по периметру апарата
- Обладнати завантажувальний люк датчиком відкриття, щоб унеможливити випадкове відкривання підчас роботи апарату.
- Відкриту частину ланцюгової передачі закрити захисним кожухом і встановити датчик наближення
- Забезпечити надійну ізоляцію елементів, що знаходяться під високою напругою, з метою уникнення пожежі і враження людини струмом.
- Понизити рівень шуму на виробництві можна шляхом удосконалення будови звукопоглинаючих перегородок, стін, перекриттів або спеціальними фундаментними чи вітрозахисними амортизаторами.

РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Модернізація апарату для пророщування солоду передбачає вдосконалення конструкції розвантажувального механізму шляхом зміни плоского сита на округлене та встановлення реверсу з метою зменшення капіталовкладень на ремонт та підвищення якості солоду. Проведемо техніко-економічні розрахунки можливості модернізації банного солодоростильного апарату, та визначимо економічну ефективність при модернізації.

Для зручності вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведемо у вигляді таблиці.

Вихідні данні

Таблиця 7.1

Показники	Одиниці виміру	Варіанти		Підстава
		Базовий	Новий	
1	2	3	4	5
Теоретична продуктивність солодосушарки	т/добу	10	10,8	Паспортні дані
Тривалість зміни	год.	12	12	Дані заводу
Кількість змін за добу	зміни	2	2	Дані заводу
Вартість механізму	тис грн.	120 Балансова	128 модерніз .	Дані заводу, ТЕО
Термін служби	роки	10	10	Паспортні дані
Норма витрат ячменю на 1т продукції	тонн и	1,027	1,020	Дані заводу
Вартість 1 тонни сировини (сухого солоду)	грн./тонну	1500	1500	Дані заводу

Чисельність обслуговуючого персоналу	робіт ник	1	1	Паспортні дані
Годинна тарифна ставка робітника	грн	9,33	8,64	Дані заводу
Відрахування в соціальні фонди*	%	37,1 8	37,18	Нормативн і дані
Витрати на охорону праці*	%	8	8	Нормативн і дані
Відрахування у фонд страхування майна**	%	0,17	0,17	Нормативн і дані
Річна норма амортизації**	%	21,9 25	21,92 5	Нормативн і дані
Потужність встановлених двигунів	кВт	5,5	4,8	Паспортні дані
Вартість 1кВт/год електроенергії	грн.	78,9	78,9	Дані заводу
Витрати на ремонти обладнання**	%	8	8	Дані заводу
Адміністративні витрати: - постійні - змінні	грн. грн./ тонну	605 0 0,35	6050 0,27	Дані заводу, ТЕО
Витрати на збут	грн./ тонну	4	4	Дані заводу
Оптово-відпускна ціна без ПДВ на 1 продукції	грн./ тонну	288 0	2870	Дані заводу, ТЕО
Постійна частина витрат на утримання інфраструктури	грн.	161 0	1610	Дані заводу, ТЕО
Кількість робочих днів заводу	Днів	330	330	Дані заводу

Коефіцієнт експлуатаційної надійності		0,85	0,9	Паспортні дані
Коефіцієнт організаційного рівня		0,9	0,95	Дані заводу
Ставка дисконту	%	30	30	Нормативні дані

* від фонду заробітної плати;

** від вартості вузла.

Розрахунок обсягу капітальних витрат

Початкові інвестиції:

$$PI = K_{\text{нови}} = K + Д - Л \quad (7.1)$$

Витрати на придбання K включають:.

$$K = K_o + K_{\text{пр}} + K_{\text{т}} + K_{\text{ск}} + K_{\text{м}}$$

де K_o – вартість придбання

$$K_o = 128 \text{ тис.грн.}$$

$K_{\text{пр}}$ – витрати на проектні роботи (3% від вартості обладнання)

$$K_{\text{пр}} = K_o * 0,03$$

$$K_{\text{пр}} = 128 * 0,03 = 3,84 \text{ тис.грн.}$$

$K_{\text{т}}$ – транспортні витрати (5% від вартості обладнання)

$$K_{\text{т}} = K_o * 0,05$$

$$K_{\text{т}} = 128 * 0,05 = 6,4 \text{ тис.грн.}$$

$K_{\text{ск}}$ – заготівельно – складські витрати (1,25% від вартості обладнання)

$$K_{\text{ск}} = K_o * 0,0125$$

$$K_{\text{ск}} = 128 * 0,0125 = 1,6 \text{ тис.грн.}$$

$K_{\text{м}}$ - витрати на монтаж обладнання (10% від вартості обладнання)

$$K_{\text{м}} = K_o * 0,1$$

$$K_{\text{м}} = 128 * 0,1 = 12,8 \text{ тис.грн.}$$

Разом витрати на К:

$$K = 128 + 3,84 + 6,4 + 1,6 + 12,8 = 152,64 \text{ тис.грн.} = 152640 \text{ грн.}$$

Повна первісна вартість розвантажувального механізму приведена табл. 2

Таблиця 2

Назва обладнання	Кількість, шт..	Ціна придб К _о	К _{пр}	К _т	К _{ск}	К _м	К
Розвантажувальний механізм	1	128	3,84	6,4	1,6	12,8	152,64

Визначимо витрати на демонтаж замінюваного обладнання, що складає 6% від балансової вартості замінюваного обладнання

$$Д = \Phi_{\text{зам}} * 0,06$$

$\Phi_{\text{зам}}$ – балансова вартість замінюваного обладнання

$$Д = 120 * 0,06 = 7,2 \text{ тис.грн.}$$

Визначимо ліквідаційну вартість замінюваного обладнання

$$Л = \Phi_{\text{зам}} * (1 - A_n * T / 100)$$

де A_n – річна норма амортизації

T – кількість років експлуатації

$$Л = 120 * (1 - 21,925 * 4 / 100) = 14,63 \text{ тис.грн.}$$

Тоді початкові інвестиції:

$$ПІ = 152640 + 7200 - 14630 = 145210 \text{ грн.}$$

Початкові інвестиції з врахуванням ПДВ:

$$ПІ_{\text{ПДВ}} = 145210 * 1,2 = 174252 \text{ грн.}$$

Початкові інвестиції з врахуванням ПДВ та приросту оборотних коштів:

$$ПІ_{\text{ПДВ}+OK} = 174252 + 101000 = 275252 \text{ грн.}$$

101000 грн – приріст оборотних коштів в зв'язку з ростом обсягу виробництва (за розрахунками економічного відділу заводу).

7.2 Зміна обсягів виробництва

Базовий варіант:

$$Q_6 = 10,0 \cdot 330 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 2524 \text{ т/рік}$$

де 10 т/добу - продуктивність; 330 – число робочих днів за рік; 0,85 – коефіцієнт експлуатаційної надійності; 0,9 – коефіцієнт організації рівня.

Новий варіант:

$$Q_n = 10,8 \cdot 330 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 3047 \text{ т/рік}$$

Розрахунок зміни поточних експлуатаційних витрат
(статей собівартості)

12.2.1 Зміна витрат за статтею “амортизація”

$$A_m = K \cdot H \quad (7.2)$$

Базовий варіант: $A_m = 120000 \cdot 0,21925 = 26310 \text{ грн.}$

Новий варіант: $A_m = 145210 \cdot 0,21925 = 31837 \text{ грн.}$

12.2.3 Зміна витрат за статтею “ремонти”

$$P = K \cdot H_P \quad (7.3)$$

Базовий варіант: $P = 120000 \cdot 0,08 = 9600 \text{ грн.}$

Новий варіант: $P = 145210 \cdot 0,08 = 11616,8 \text{ грн.}$

12.2.4 Відрахування в фонд страхування майна

$$B_{cm} = K \cdot 0,0017$$

Базовий варіант: $B_{cm} = 120000 \cdot 0,0017 = 204 \text{ грн.}$

Новий варіант: $B_{cm} = 145210 \cdot 0,0017 = 246,9 \text{ грн.}$

12.2.5 Зміна фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

Базовий варіант $12 \cdot 2 \cdot 230 \cdot 9,33 \cdot 1,4 = 71102,2 \text{ грн.};$

Новий варіант $12 \cdot 2 \cdot 230 \cdot 8,64 \cdot 1,4 = 66769,9 \text{ грн.};$

де 1,4 – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату.

12.2.6 Відрахування у соціальні фонди

Базовий варіант $71102,2 \cdot 37,18 / 100 = 26435,8 \text{ грн.};$

Новий варіант $66769,9 \cdot 37,18 / 100 = 24825,0 \text{ грн.}$

7.2.7 Витрати на охорону праці (відрахування у фонд охорони праці)

Базовий варіант $71102,2 \cdot 8 / 100 = 5688,2 \text{ грн.};$

Новий варіант $66769,9 \cdot 8 / 100 = 5341,6 \text{ грн.}$

7.2.8 Зміна витрат за статтею “електроенергія”

$$B_{ел} = (N_{вст} \cdot K_{вик} \cdot K_{втр} \cdot K_{ч} \cdot T \cdot C_{е}) / K_{кд} \quad (7.2)$$

Базовий варіант

$$B_{ел} = (5,5 \cdot 0,8 \cdot 1,06 \cdot 0,75 \cdot 4290 \cdot 78,9) / 0,90 = 14172,7 \text{ грн.}$$

Новий варіант

$$B_{ел} = (4,8 \cdot 0,8 \cdot 1,06 \cdot 0,75 \cdot 4290 \cdot 78,9) / 0,90 = 12368,9 \text{ грн.}$$

де $N_{вст}$ - встановлена потужність електродвигунів, кВт;

$K_{вик}$ – коефіцієнт використання потужності електродвигуна-0,8;

$K_{втр}$ – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії-1,06;

$K_{ч}$ – коефіцієнт завантаження електродвигуна в часі 0.75;

T - річний фонд роботи обладнання, 4290 год.;

$C_{е}$ – вартість 1кВт*год. електроенергії, 0.85 грн.;

$K_{кд}$ - коефіцієнт корисної дії електродвигуна – 0,9.

Розрахунок витрат на виробництво та збут (грн.) 1 тонни продукції

Таблиця 7.3

Показник	Базовий період	Проектний
Затрати сировини	$1,027 \cdot 1500 = 1540,5$	$1,02 \cdot 1500 = 1530$
Заробітна плата:		
- всього	71102,2	66769,9
- на 1 тонну;	$71102,2 / 2524 = 28,17$	$66769,9 / 3047 = 21,91$
Нарахування на зарплату:		
- соціальні фонди;	26435,8	24825
- на 1 т	$26435,8 / 2524 = 10,47$	$24825 / 3047 = 8,15$
- фонд охорони праці;	5688,2	5341,6
- на 1 т	$5688,2 / 2524 = 2,25$	$5341,6 / 3047 = 1,75$
Витрати на утримання та експлуатацію обл.:		
- електроенергія	14172,7	12368,9
- на 1 т	$14172,7 / 2524 = 5,61$	$12368,9 / 3047 = 4,06$
- зміна амортиз. відрах. ;.	26310	31837
- на 1 т	$26310 / 2524 = 10,42$	$31837 / 3047 = 10,45$
- умовно-постійні витрати	1610	1610
- на 1 т	$1610 / 2524 = 0,64$	$1610 / 3047 = 0,53$
- витрати на утримання	9600	11616,8

та ремонт устаткування; - на 1т - фонд страхування майна - на 1т Всього	$9600/2524=3,80$ 204 $204/2524=0,08$ 51896,7	$11616,8/3047=3,81$ 246,9 $246,9/3047=0,08$ 56069,6
На 1 тонну	$51896,7/2524=20,56$	$56069,6/3047=18,40$
Адміністративні витрати: - постійні - на 1 тонну продукції - змінні	6050 $6050/2524=2,40$ 0,35	6050 $6050/3047=1,99$ 0,27
Витрати на збут	4	4

Калькуляція собівартості (грн.) 1 тонни продукції

Таблиця 7.4

Статті витрат	Витрати на 1 тонну		
	Базовий	Проектний	Відхилення (-) економія (+) збільш.
1. Сировина	1540,5	1530	-10,5
2. Заробітна плата	28,17	21,91	-6,26
3. Нарахування на зарплату	10,47	8,15	-2,32
4. Утримання і експ. обл.:			
- електроенергія	5,61	4,06	-1,55
- амортизація	10,42	10,45	+0,03
- умовно-постійна частина	0,64	0,53	-0,11
- утримання та ремонт	3,80	3,81	+0,01
- фонд страхування майна	0,08	0,08	0
Всього	20,56	18,40	-2,16
5. Адміністративні:			
- постійні	2,40	1,99	-0,41
- змінні	0,35	0,27	-0,08

Виробнича собівартість	1602,45	1580,72	-21,73
Витрати на збут	4	4	0
Повні витрати на виробництво і збут	1606,45	1584,72	-21,73
Ціна за 1 тону продукції	2880	2870	-10

7.3 Розрахунок системи показників економічної ефективності

7.3.1 Розрахунок додаткового прибутку

$$\Delta P_{\text{заг}} = (C_2 - C_1) \cdot A_2 - (C_1 - C_1) \cdot A_1 = (2870 - 1584,72) \cdot 3047 - (2880 - 1606,45) \cdot 2524 = 701808 \text{ грн.} \quad (7.4)$$

7.3.2 Тривалість життєвого циклу машини

Виходячи із діючих в 2011 році норм амортизації 21,925%:

$$T_{\text{жц}} = 100 / 21,925 = 5 \text{ років}$$

7.3.3 Чистий генерований грошовий потік

$$\text{ЧГП} = \Delta P - n + \Delta A_m = 701808 \cdot (1 - 0,23) + (31837 - 26310) = 545919 \text{ грн} \quad (7.5)$$

n - податок на прибуток 23%

7.3.4 Розрахунок економічної ефективності методом дисконтування

Чиста теперішня вартість проекту

Теперішня вартість майбутніх доходів визначається методами дисконтування. Враховується той факт, що сума грошей яка є в наявності на даний момент має більшу цінність, ніж та ж сума в майбутньому.

Вплив фактору часу усувається шляхом дисконтування грошових потоків, тобто приведення їх до теперішньої вартості за допомогою %-ї ставки НБУ, яка характеризує відносну зміну ціни грошей за певний період.

Чиста теперішня вартість модернізації за весь життєвий цикл визначається як сума теперішніх вартостей модернізації за кожен рік життєвого циклу:

$$ЧТВ = \sum_{t=1}^j \frac{ЧГП(t)}{(1+p)^t} - ПП_{ПДВ+ОК}, \quad (7.6)$$

де р- ставка дисконту (28%);

t – кількість років.

$$ТВ_0 = -275252 \text{ грн.}$$

$$ТВ_1 = \frac{545919}{(1+0,28)^1} = 426499,22 \text{ грн.}$$

$$ТВ_2 = \frac{545919}{(1+0,28)^2} = 333202,51 \text{ грн.}$$

$$ТВ_3 = \frac{545919}{(1+0,28)^3} = 260314,46 \text{ грн.}$$

$$ТВ_4 = \frac{545919}{(1+0,28)^4} = 203370,87 \text{ грн.}$$

$$ТВ_5 = \frac{545919}{(1+0,28)^5} = 158883,49 \text{ грн.}$$

Визначаємо чисту теперішню вартість модернізації за весь період життєвого циклу:

$$ЧТВ = \sum_{i=1}^5 ТВ_i - ПП_{ПДВ+ОК} = 426499,22 + 333202,51 + 260314,46 + 203370,87 + 158883,49 - 275252 = 1382270,55 - 275252 = 1107018,55 \text{ грн.}$$

$$\sum_{i=1}^5 ТВ_i = 1382270,55 \text{ грн.}$$

Теперішня вартість для року вкладання інвестицій

7.3.5 Індекс дохідності

$$^2\ddot{A} = \frac{\sum_{t=1}^5 \dot{O}\hat{A}^3 - \ddot{I}^2}{\ddot{I}^2} = \frac{1107018,55}{275252} = 4,02; \quad (7.7)$$

$4 > 0$, тому модернізація має право на життя.

7.3.6 Індекс прибутковості

$$^2\ddot{I} = \frac{\sum_{t=1}^5 \dot{O}\hat{A}^3}{\ddot{I}^2} = \frac{1382270.55}{275252} = 5.02; \quad (7.8)$$

$5 > 1$, тому модернізація має право на життя.

7.3.7 Індекс рентабельності

$$I Re = \frac{\Delta \ddot{I} - n}{\ddot{I}^2 \ddot{I}\hat{A} + \dot{I}\hat{E}} = \frac{701808 \cdot (1 - 0,23)}{275252} = 2; \quad (7.9)$$

$2,0 > 0$, тому модернізація має право на життя.

7.3.8 Середньорічна теперішня вартість модернізації

$$\overline{\dot{O}\hat{A}} = \frac{\sum_{t=1}^5 \dot{O}\hat{A}^3}{\dot{O}_{\hat{E}\hat{O}}} = \frac{1382270.55}{5} = 276454.11 \text{ грн.} \quad (7.10)$$

7.3.9 Дисконтований гарантований термін повернення інвестицій

$$\dot{O}_{\hat{E}\hat{N}} = \frac{\ddot{I}^2 \ddot{I}\hat{A} + \dot{I}\hat{E}}{\overline{\dot{O}\hat{A}}} = \frac{275252}{276454.11} = 1,03 \text{ року}; \quad (7.11)$$

12.3.10 Недисконтований термін повернення інвестицій

$$\dot{O}_i = \frac{\ddot{I}^2 \ddot{I}\hat{A} + \dot{I}\hat{E}}{\times \tilde{A}\tilde{I}} = \frac{275252}{545919} = 0,5 \text{ року} \quad (7.12)$$

Висновки:

Показники ефективності проекту

Таблиця 7.5

Показники	Один иця виміру	Значення показника
1. Загальна сума інвестицій	тис. грн.	1382270,55
2. Додатковий прибуток	грн.	701808
3. Чистий грошовий потік	грн.	545919
4. Чистий приведений дохід	грн.	1107018,55

5. Індекс доходності	х	4,02
6. Індекс рентабельності	х	2,0
7. Дисконтований показник періоду окупності	років	1,03
8. Недисконтований показник періоду окупності	років	0,5

Розрахований чистий приведений дохід (різниця між реальною віддачею від проекту та інвестиціями на його реалізацію) – величина позитивна і складає 1107018,55 грн. Це означає, що віддача від реалізації проекту на цю величину перевищує інвестиційні вкладання, що становлять з урахуванням податку на додану вартість 1382270,55 тис. грн.

Індекс доходності становить 4,02. Це означає, що віддача від впровадження проекту в 4,02 рази перевищує інвестиційні вкладання. Інакше кажучи – з однієї вкладеної гривні передбачається отримувати 4,02 грн. віддачі. Рентабельність (прибутковість) проекту становить 200%.

Період повернення інвестицій – в межах життєвого циклу проекту і складає 1,03 року. При швидкій реалізації проекту цей термін може скоротитися до 0,5 року.

Таким чином, порівняння розрахованих показників з нормативними значеннями та аналіз їх дає змогу зробити висновок про доцільність реалізації проекту.

ВИСНОВКИ

Виконані теоретичні дослідження і моделювання процесів аерації солоду в апаратах для пророщування солоду. Досліджено швидкості та тиски в різноманітних зонах апаратів для пророщування солоду. Виявлено залежності швидкості руху повітря від форми апарата та форми шару солоду. Проаналізовано шляхи руху повітряних мас, та запропоновано усунення недоліків неоптимальних шляхів їх руху. Зокрема виявлено залежності нерівномірного розподілу повітряного потоку від куту нахилу шару солоду. Проаналізовано можливі шляхи модернізації апарату.

Виявлено недоліки аерації в апаратах для пророщування солоду барабанного типу з ситчастими трубками. Проаналізовано залежності руху повітря в апараті, та запропоновано шляхи боротьби з можливими негативними явищами.

Запропоновано альтернативну конструкцію солодоростильного апарату, в якій усунено або мінімізовані недоліки звичайних апаратів з плоским ситом та з ситчастими трубками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Главачек Ф., Лхотский А. Пивоварение. М.: Пищевая пром-сть, 1977. – 623 с.
2. Домарецкий В.А. Технологія солоду та пива – К.: Урожай, 1999. – 537 с.
3. Кретов И.Т. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. М., 1983. 463 с.
4. Кунце, В. Технология солода и пива / В.Кунце. – С-Пб.: Профессия, 2008. – 1100 с.
5. Кретов, И.Т. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности: учебник./ И.Т. Кретов, С.Т. Антипов. - Воронеж: Издательство государственного университета, 2003. - 624 с.
6. Бемфорт, У. Новое в пивоварении / У. Бемфорт. – С-Пб.: Профессия, 2007.– 520с.
7. Нарцисс, Л. Краткий курс пивоварения. / Л. Нарцисс. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.
8. Федоренко, Б.М. Инженерия пивоваренного солода: учеб.-справ.пособие / Б.М. Федоренко. – СПб.: Профессия, 2009. – 1000 с.
9. Мальцев П.М. Технология солода и пива. М.: Пищевая пром-сть, 1964.
10. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. -М.: Агропромиздат, 1991 -432 с.
11. Гальперин Д.М. Миловидов Т.В. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1990 – 279 с.
12. Гальперин Д.М. Монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности. - М.: Высшая школа, 1978-309с.
13. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання: конспект лекцій для студентів спеціальностей 6.090200 "Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості" денної форми навчання і 6.090200 "Обладнання переробних і харчових виробництв" денної та заочної форм навчання / уклад. С.О.Удодов, Л.В. Марцинкевич. – К.: НУХТ, 2008. - 130 с.

14. Гурський, П.В. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв: навч. посібник. / П.В. Гурський, Ф.В. Перцевий, І.С. Гулий. - Харків: ХДТУСГ, 2001.-230 с.
15. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв (текст): навч.посіб. / І.М.Заплетніков, В.Г.Мирончук, В.М.Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. –344 с.
16. Шабрацький, В.І. Експлуатація і обслуговування механізмів і машин. Навчальний посібник. / В.І. Шабрацький. - Рубіжне: ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2010, - 243 с.
17. Міжнародне законодавство про охорону праці: У 3-х т. — К.: Основа, 1997.
18. Науково-практичний коментар до Закону України "Про охорону праці". — К.: Основи, 1997. — 528 с.
19. Основи охорони праці: Підручник / М. Л. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець та ін. — К.: Основа, 2000. — 416 с.
20. Правила пожежної безпеки в Україні. — К.: УАБІ, 1995. — 195 с.
21. Методологія і організація наукових досліджень в харчовій галузі [Текст]: підручник / К. В. Свідло, Т. А. Лазарева, Л. О. Бачієва ; Укр. інж.-пед. акад. — Х. : Світ книг, 2013. — 225 с.
22. Методологія та організація наукових досліджень [Текст]: Навч. посіб. / О. В. Крушельницька. — К. : Кондор, 2003. — 192 с.