

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла ударного
валка на процес очищення зерна в ультратрієрній установці UTR 401/4

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОМ-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Полевий М. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зварич Н. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворощук В.Я
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри обладнання харчових технологій

д.т.н., проф. Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(Назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Полевому Миколі Івановичу

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

1. Тема роботи Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла ударного валка на процес очищення зерна в ультратрієрній установці UTR 401/4

Керівник роботи

Зварич Наталя Миколаївна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від 01.11.2022 року № 4/7-871

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 грудня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи Паспорт ультратрієрної установки UTR 401/4

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасних методів та технологічного обладнання для очищення зернової сировини. 2. Методи та методика досліджень. 3. Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції трієра UTR 401/4. 4. Дослідження процесу переміщення зернової продукції шнеком вузла ударного валка в ультратрієрній установці UTR 401/4. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Машино-апаратна схема виробництва солоду. Ф.А1. 2. Ультратрієрна установка UTR 401/4. ВЗ. Ф.А1. 3. Вузол жолоба з транспортувальним шнеком. ультратрієрної установки UTR 401/4. СК. Ф.А1. 4. Вхідний вузол ультратрієрної установки UTR 401/4. СК. Ф.А1. 5. Валок ударний. СК. Ф.А2. 6. Кінематична схема ультратрієрної установки UTR 401/4 Ф.А2. Плакати (слайди) 3Ф.А1: 1. Теоретичне дослідження процесу переміщення зернової продукції шнеком вузла ударного валка. 2. Визначення впливу кутів атаки та початку руху на величину підіймально-рушійної сили. 3. 3D моделювання шнека вузла ударного валка трієра UTR 401/4

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кравець О.І., доц. каф ОХ, | | |
| Нормоконтроль | Ворошук В.А, доц. каф.ОХ | | |

7. Дата видачі завдання 01.11.2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| | <i>Вступ.</i> | 15.11.2022 | |
| 1. | <i>Аналіз сучасних методів та технологічного обладнання для очищення зернової сировини.</i> | | |
| 2. | <i>Методи та методика досліджень.</i> | 15.11.2022 | |
| 3. | <i>Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції трієра UTR 401/4.</i> | 20.11.2022 | |
| 4 | <i>4 . Дослідження процесу переміщення зернової продукції шнеком вузла ударного валка в ультратрієрній установці UTR 401/4.</i> | 25.11.2022 | |
| 5 | <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.</i> | 30.11.2022 | |
| | <i>Висновки. Перелік посилань</i> | 05.12.2022 | |
| | Графічна частина | | |
| 1. | <i>Машино-апаратна схема виробництва солоду..</i> | 15.11.2022 | |
| 2 | <i>Ультратрієрна установка UTR 401/4. ВЗ</i> | 18.11.2022 | |
| 3. | <i>Вузол жолоба з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки UTR 401/4. СК</i> | 20.11.2022 | |
| 4. | <i>Вхідний вузол ультратрієрної установки UTR 401/4. СК</i> | 22.11.2022 | |
| 5. | <i>Валок ударний. СК.</i> | 25.11.2022 | |
| 6. | <i>Кінематична схема ультратрієрної установки UTR 401/4.</i> | 25.11.2022 | |
| 4 | <i>Плакати (слайди):</i> | 30.11.2022 | |
| | <i>1. Теоретичне дослідження процесу переміщення зернової продукції шнеком вузла ударного валка</i> | | |
| | <i>2. Визначення впливу кутів атаки та початку руху на величину підіймально-рушійної сили</i> | | |
| | <i>3. 3D моделювання шнека вузла ударного валка трієра UTR 401/4</i> | | |

Студент

(підпис)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Полевий М. І.

(прізвище та ініціали)

Зварич Н. М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Полевий М. І. Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла ударного валка на процес очищення зерна в ультратрієрній установці UTR 401/4. 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2022

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив конструкційних параметрів вузла ударного валка на процес очищення зерна в ультратрієрній установці UTR 401/4 та запропоновано заходи з модернізації ультратрієрної установки UTR 401/4.

Ключові слова: процес очищення зерна, шнек, ультратрієрна установка

Polevyyi M. I. Research of the impact of the construction parameters of the ultratrier machine UTR 401/4 shock axle for the process of grain cleaning. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2022.

Research of the impact of the construction parameters of the ultratrier machine UTR 401/4 shock axle for the process of grain cleaning was researched in the thesis. Modernization measures for ultratrier machine UTR 401/4 are suggested.

Keywords: process of grain cleaning, auger, ultratrier machine

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ЗМІСТ | 5 |
| ВСТУП | 7 |
| 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ..... | 9 |
| 1.1. Характеристика основних способів очищення і сортування зернової сировини..... | 9 |
| 1.2. Процес очищення рослинної зернової сировини на трієрних машинах .. | 13 |
| 1.3. Особливості конструкції сучасних трієрів | 15 |
| 1.4. Конструкція та принцип дії трієра UTR 401/4 | 19 |
| 1.5. Техніко-економічне обґрунтування модернізації ультратрієрної установки UTR 401/4 | 24 |
| 1.6. Мета та завдання кваліфікаційної роботи | 25 |
| 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 26 |
| 2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень..... | 26 |
| 2.2. Особливості математичного моделювання процесів розділення і змішування сипких продуктів..... | 27 |
| 3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ ТРІЄРА UTR 401/4..... | 28 |
| 3.1. Призначення трієра UTR 401/4 в технологічній лінії виробництва солоду | 28 |
| 3.2. Структурна схема ультратрієрної установки UTR 401/4..... | 31 |
| 3.3. Кінематичний аналіз ультратрієрної установки UTR 401/4..... | 32 |
| 3.4. Конструктивний розрахунок шнека вузла ударного валка..... | 35 |
| 3.5. Встановлення параметрів шнека для переміщення очищеного продукту | 40 |
| 3.6. Розрахунок кінематичної пари зубчатий вінець – зубчате колесо ультратрієрної установки UTR 401/4 | 42 |

| | |
|---|----|
| 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ШНЕКОМ ВУЗЛА УДАРНОГО ВАЛКА В УЛЬТРАТРІЄРНІЙ УСТАНОВЦІ UTR 401/4..... | 48 |
| 4.1. Аналіз процесу очищення ультратрієрною установкою UTR 401/4 зерна ячменю..... | 48 |
| 4.2. Визначення залежності кута початку руху зернят від кута атаки | 50 |
| 4.3. Визначення впливу кутів атаки та початку руху на величину підйимально-рушійної сили | 52 |
| 4. 4. 3D-моделювання шнека вузла ударного валка трієра UTR 401/4..... | 56 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 62 |
| 5.1. Заходи з охорони праці..... | 62 |
| 5.1.1. Загальні вимоги з охорони праці на пивоварних підприємствах..... | 62 |
| 5.1.2. Вимоги безпеки при монтажі та ремонті технологічного..... | 64 |
| 5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях | 66 |
| 5.2.1. Організація цивільного захисту на підприємстві харчової та переробної промисловості..... | 66 |
| 5.2.2. Захист продукції на підприємствах пиво-безалкогольної промисловості | 70 |
| ВИСНОВКИ..... | 75 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 76 |
| ДОДАТКИ | |
| Специфікації | |

ВСТУП

Вирощування зернових культур в Україні здавна було провідним в аграрній сфері. Сьогодні рівень розвитку виробництва зерна є одним з найважливіших показників стану економіки країни. Постійне зростання попиту на зерно в усьому світі дозволяє розширити ринок експорту України та підвищити її позиції у світовому рейтингу.

Зернова продукція є сировиною для багатьох галузей харчової й переробної промисловостей. Продукти переробки зернової сировини складають основу харчування людей, відзначаються високими поживними та смаковими якостями, містять достатню кількість білків, вуглеводів, вітамінів, амінокислот й мінеральних солей. Зернова продукція є цінною і незамінною сировиною для виготовлення кормів у тваринницькій галузі, спирту, медичних препаратів, крохмалю, пива, квасу та інших видів продукції, що викликає постійне зростання потреб в зерні.

Крім постійного зростання попиту на зерно постійно зростають і вимоги до якості зернової сировини і продукції виготовленої з неї. Тому дослідження процесів очищення зернової сировини та очисного обладнання є актуальним.

Мета роботи: Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла ударного валка трієр UTR 401/4 та режимів її роботи на процес сортування пшениці і розроблення заходів з модернізації.

Об'єкт дослідження: процес очищення зерна ячменю на ультратрієрній установці.

Предмет дослідження: вплив конструктивних параметрів вузла ударного валка на процес очищення зернової суміші.

Методи дослідження: аналіз, синтез, математичного моделювання, аналогія, ідеалізація, порівняння.

Наукова новизна: досліджено вплив конструктивних параметрів ударного валка на процес сортування зерна ячменю, встановлено, що

конструктивні параметри ударного валка здійснюють вплив на процес очищення зерна ячменю, енерговитрати на процес, якість очищення

Практична цінність: результати можуть бути використані при аналізі роботи і конструкції аналогічного обладнання. Запропонована модернізація покращить рівномірність транспортування і перемішування зернової суміші в трієрі, що в свою чергу покращить обробку продукту.

Апробація результатів. Загальні положення кваліфікаційної роботи доповідались на V Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", (Тернопіль 28-29 квітня 2022 р.); XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів « Актуальні задачі сучасних технологій», (Тернопіль 7-8 грудня 2022).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Роботу викладено на 77 сторінках друкованого тексту, вона містить 28 рисунків, 7 сторінок додатків.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ

1.1. Характеристика основних способів очищення і сортування зернової сировини

Зернова продукція, що надходить від збиральної техніки, традиційно має високий вміст домішок, як зернових, так і сміттєвих. До зернових домішок відносяться розколоне, проросле, некондиційне зерно, наявність зерна інших культур. Сміттєвими домішками є насіння бур'янів, частини рослин, частинки ґрунту, металеві домішки, домішки куколю, головні, гірчаку тощо. При вмісті основної культури меншому 85% зерновий продукт називається «сумішшю», не може бути використаний як сировина у багатьох виробництвах [1, 2] і підлягає обов'язковій попередній обробці.

Збільшення в ЗС вмісту основної культури досягають очищенням, тобто поділом (сепарацією) зернової суміші на окремі фракції, які відрізняються за різними фізико-механічними властивостями, наприклад, розміром, густиною, магнітними властивостями. Очищення може бути попереднім, первинним та вторинним [3].

Попередньому очищенню піддають свіжезібране зерно вологістю до 35%. Після очищення знижується вміст найкрупніших і найдрібніших домішок з 15 – 20 % до 3%, видаляється частина вологи. Після попереднього очищення підвищується сипкість зернової сировини, полегшуються подальші процеси переробки, покращуються умови зберігання. Отримана ЗС поділяється на три основні фракції: очищене зерно, фуражні відходи і домішки.

Вторинне очищення переважає відділення подібних до зерна за розмірами домішок, насіння бур'янів. У результаті ЗС розділяється на насіннєву фракцію, зерно II гатунку, легкі, дрібні і великі домішки.

Попередньому і первинному очищенню піддають зазвичай продовольче і фуражне зерно. Насіннєве зерно піддають ще й вторинному очищенню[3].

Сортування зерна, метою якого є отримання якісного продовольчого та насіннєвого матеріалів, здійснюється шляхом механічного розділення очищеного від домішок зерна на фракції, які відрізняються хлібопекарськими або посівними якостями. ЗС сортують за товщиною, шириною, довжиною зернини, вагою, аеродинамічними властивостями. У багатьох зерноочисних машинах (ЗОМ) очищення та сортування зерна відбувається одночасно.

Калібруванням ЗС здійснюють поділ ЗС на фракції за розмірами у певних межах.

Процеси очищення, сортування і калібрування ЗС проводять в ЗОМ з сепаруючими робочими органами різних конструкцій.

Робота сепарувальних органів основана на відмінності фізико-механічних властивостей ЗС, таких як: аеродинамічні властивості частинок сировини, її розміри, форма, густина, стан поверхні, колір, електрофізичні властивості тощо.

Способи очищення і сортування сировини, а також відповідне обладнання, визначають залежно від її фізико-механічних властивостей. Найпоширенішими способами очищення і сортування сировини зернової є [3]:

- а) очищення сировини зернової повітряним потоком;
- б) розділення за розмірами на решетах;
- в) розділення сировини зернової за довжиною на трієрах;
- г) розділення сировини зернової за формою і властивостями їх поверхні;
- д) очищення і сортування сировини зернової за густиною;
- е) електричні методи розділення сировини зернової.

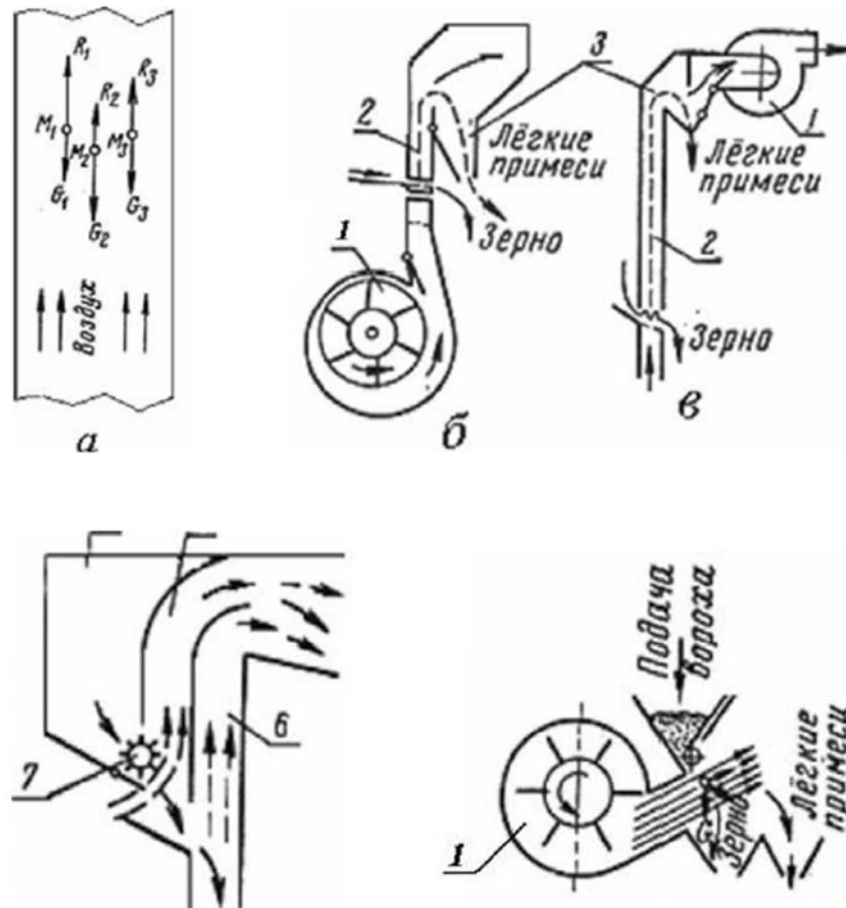


Рисунок 1.1 Типи повітряних каналів ЗОМ: а - сили, що діють на частинки у вертикальному повітряному каналі; б - вертикальний канал нагнітальної дії; в - вертикальний канал всмоктувальної дії; г - подвійний вертикальний повітряний канал; д - похилій повітряний потік в камері ЗОМ: 1 - вентилятор, 2, 5 і 6 - повітряні канали; 3 - осадочна камера; 4 - приймальна камера; 7 - живильний валок.

Основою очищення сировини зернової повітряним потоком (рис. 1.1) є відмінність за масою та аеродинамічними властивостями частинок суміші зернової. Суміш зернову розділяють за фракціями в повітряних каналах і камерах машин, які бувають вертикальні (одинарні і подвійні) і похилі, прямокутного та циліндричного перетинів, нагнітальної дії [3].

Розділення рослинної зернової сировини за розмірами на решетах за розмірами частинок, а саме: шириною (середній розмір зернини) та

товщиною (мінімальний розмір зернини). Для цього використовують решета з отворами різної форми (рис. 1.2.) Решета з отворами круглими отворами призначені для розділення за шириною (через круглі отвори проходять лише ті зернинки і домішки, ширина яких є меншою діаметра отворів), решета з продовгуватими отворами призначені для розділення за товщиною.

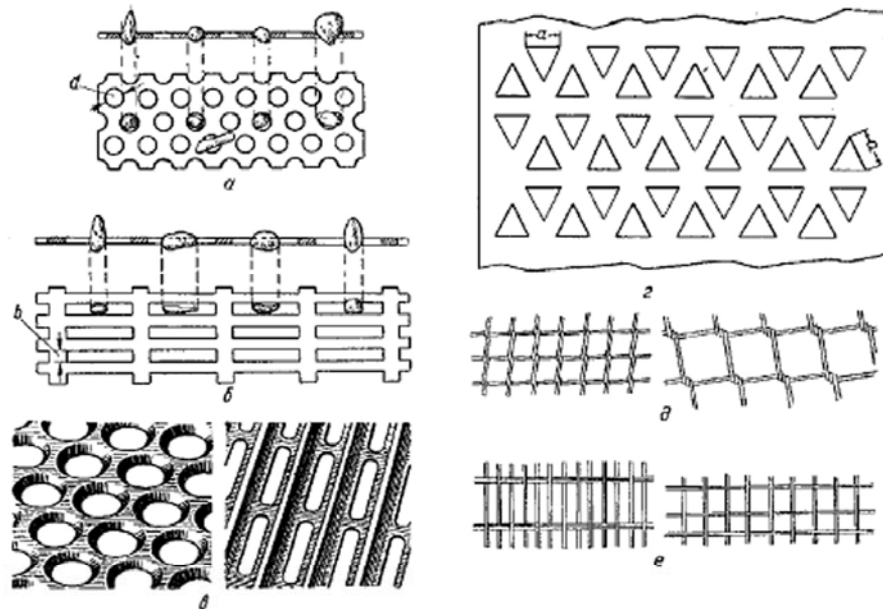


Рисунок 1.2. - Решета ЗОМ: а - з круглими отворами; б - з продовгуватими отворами; в - з лункоподібними і гофрованими отворами для калібрування насіння кукурудзи; г - з трикутними отворами; д - плетені; е - ткани .

1.2. Процес очищення рослинної зернової сировини на трієрних машинах

Відділення коротких або довгих домішок від зерен основної культури здійснюється зазвичай на трієрах, які можуть бувають як окремими МОЗ, так і складовими частинами інших машин. Найбільше застосування знайшли циліндричні трієри (ЦТ), робочим органом яких являється циліндр, на внутрішній поверхні якого шляхом штампування або фрезерування утворюють комірки у вигляді зернопоподібних заглиблень. Діаметр комірок роблять більшим або меншим за довжину зернинок очищуваної сировини. Якщо діаметр комірок менший ніж довжини зерна основної культури, то трієр є кукільний і призначений для відділення коротких домішок. Трієр для вилучення довгих насінин і домішок має комірки з діаметром більшим довжини основної сировини і має назву – овсюжний. Усередині коміркового циліндра змонтований лоток з транспортувальним шнеком, частота обертання якого зазвичай дорівнює частоті обертання коміркового циліндра. Принцип поділу зернинок комірковою поверхнею та принцип роботи кукільного і овсюжного циліндричних трієрів показано на рис. 1.3 і 1.4.

Неочищене зерно подається в комірковий циліндр 1 з одного з його кінців і рухається до вихідного кінця шаром по комірковій поверхні. Короткі зерна і домішки, які мають довжину меншу діаметра комірок захоплюються ними і піднімаються догори. Над лотком 2 сила тяжіння переважає відцентрову силу і насінинки випадають з осередків, потрапляють в жолоб з транспортувальним шнеком 3, яким транспортуються до виходу з трієра. Довгі ж насінинки, частково потрапляючи в комірки, не затримуються в них і випадають, не доходячи до жолоба. Вони переміщуються уздовж осі циліндра і виводяться з трієра.

У вівсюжному трієрі у якості коротких домішок виступають зернинки основної культури, вони потрапляють в комірки і потім в жолоб. Довгі домішки (ДД), які не помістилися в комірки, йдуть сходом з поверхні

коміркового циліндра. Жолоб можна повертати таким чином регулюючи його положення відносного місця випадання насіння з комірок, і відповідно якість очищення.

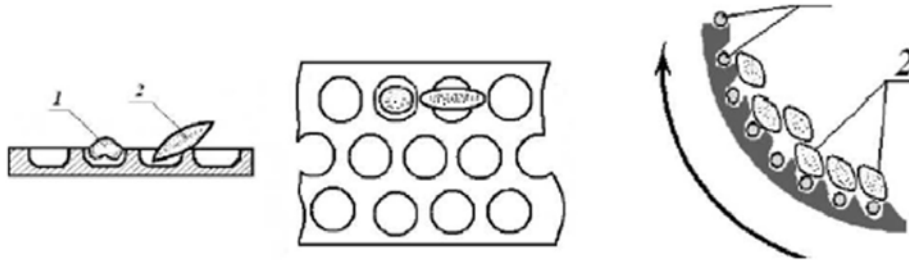


Рисунок 1.3. - Поділ зерен комірковою поверхнею: 1 - зерно, довжина якого менше діаметра осередку (укладається в комірці); 2 - зерно, довжина якого більше діаметра осередку (не вкладається в комірці).

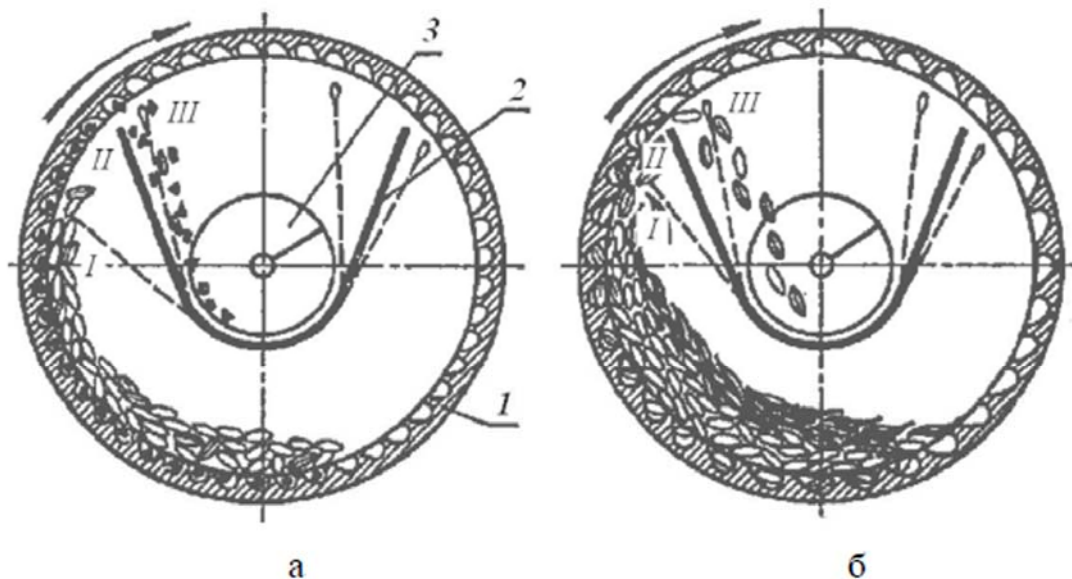


Рисунок 1.4. Схеми роботи кукуільного (а) і овсюжного (б) ЦТ

Частота обертання коміркового циліндра трієра становить, зазвичай, 35 - 50 хв^{-1} . ЦТ часто встановлюють у складних МОЗ, в агрегатах і комплексах по очищенню зернової сировини. Також вони можуть випускаються у вигляді додаткового обладнання.

1.3. Особливості конструкції сучасних трієрів

Зерноочисні трієри класифікують за різними ознаками. Залежно від типу робочого органу (РО) трієри бувають циліндричні та дискові. Залежно від частоти обертання коміркового циліндру ЦТ можуть бути тихохідними і швидкохідними.

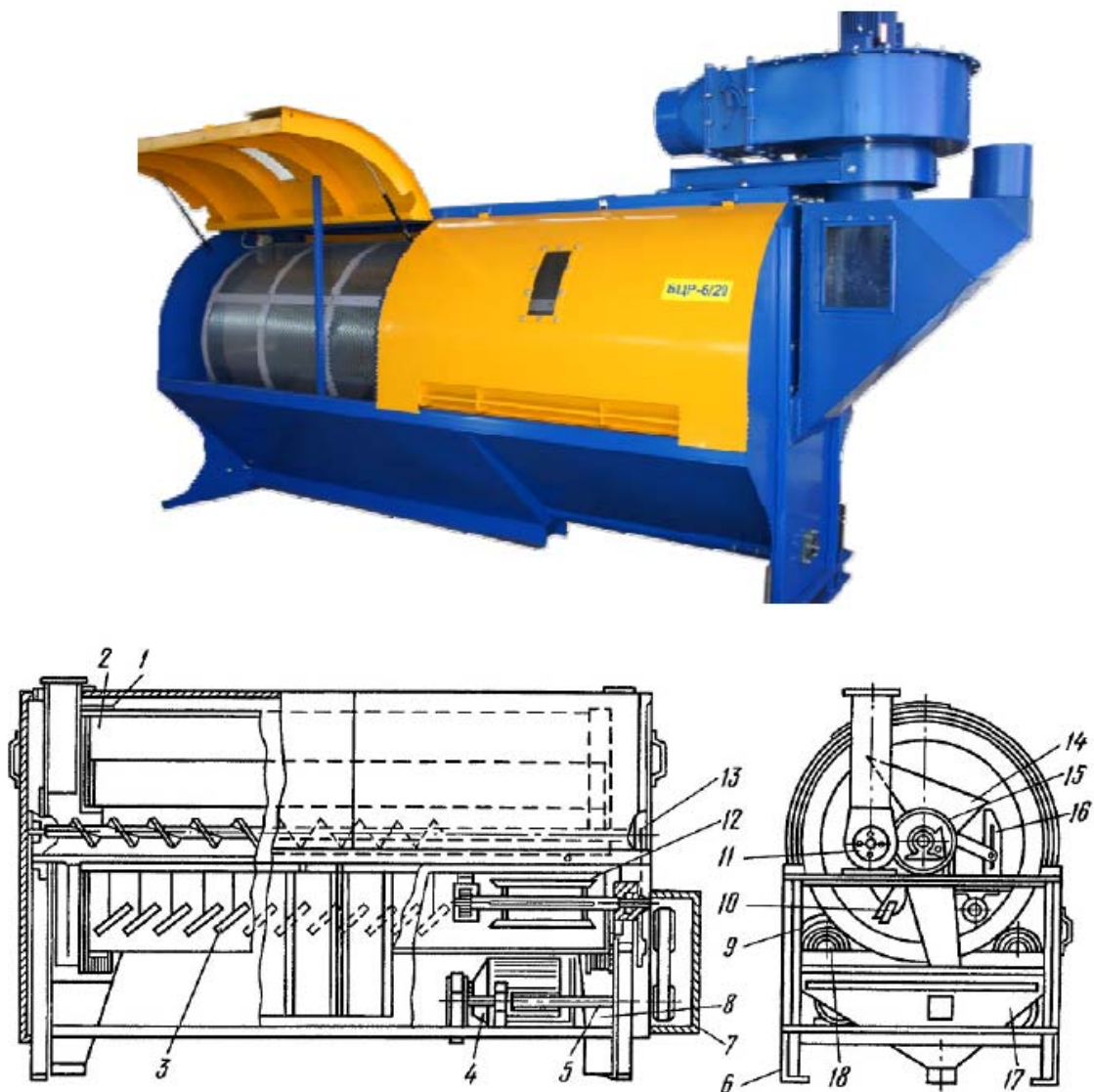


Рисунок 1.5. – Циліндричний трієр: 1 – бандаж; 2 – обичайка, 3 – плуг, 4 – електродвигун, 5 – вал, 6 – станина, 7 – огороження, 8 – збірник вівсюга, 9 – ролик, 10 – клапан, 11 – перегрібач, 12 – живильний шнек, 13 – ланцюгова передача, 14 – лоток; 15 – шнек для очищеного зерна, 16 – напрямна, 17 – збірник зерна, 18 – привідний вал.

Останні залежно від подачі ЗС можуть бути з подачею на початку циліндра і з подачею по всій довжині. Для інтенсифікації процесу поділу в швидкохідних ЦТ з подачею на початку циліндра може встановлюватися зворощувальний механізм. Тихохідні ЦТ можуть мати зовнішню сітчасту поверхню.

Дискові трієри (ДТ) залежно від кількості роторів та їх компонування підрозділяються на однороторні, чотирироторні і спарені. У деяких ДТ для контролю очищеної фракції ЗС передбачають контрольне відділення (КВ). Всі трієри за призначенням можна розділити на ЗОМ для очищення від довгих домішок і для очищення від коротких домішок.

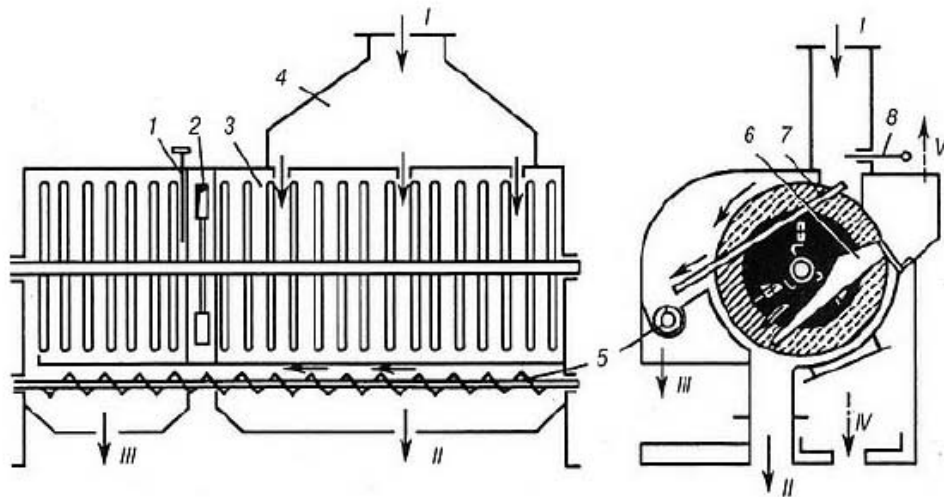
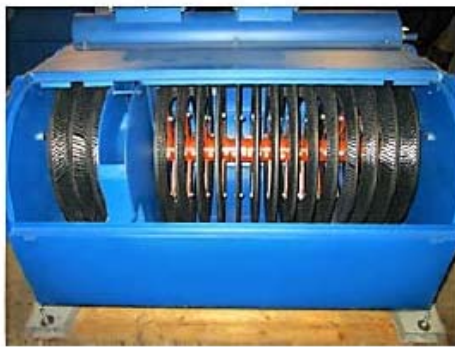


Рисунок 1.6. – Дисковий трієр ЗТО-5М: 1 – станина, 2 – кронштейн; 3 – вал, 4 – електропривод, 5 – диск, 6 – накопичувальне відділення, 7 – ковшове колесо, 8 – лоток, 9, 10, 11 – патрубки; 12 – кожух, 13 – патрубок для аспіраційного повітроводу, 14 – приймальний патрубок.



Рисунок 1.8. - Трієри циліндричні Р6-ТЦ-500 та Р6-ТЦ-700

Всі трієрні машини працюють з великими швидкостями і навантаженнями витрачають багато енергії на процес.

1.4. Конструкція та принцип дії трієра UTR 401/4

Трієр UTR 401/4 (рис.1.9) є призначений для сортування за довжиною зерна та інших продуктів, які неможливо розділити за допомогою сит.

Основними елементами трієра UTR 401/4 є станина, завантажувальний вузол, трієрний циліндр, жолоб трієра з транспортувальним шнеком, вузол вала ударного валка.

Станина машини складається з двох основних рам, на яких кріпляться металеві аркуші обшивки, та інші вузли.

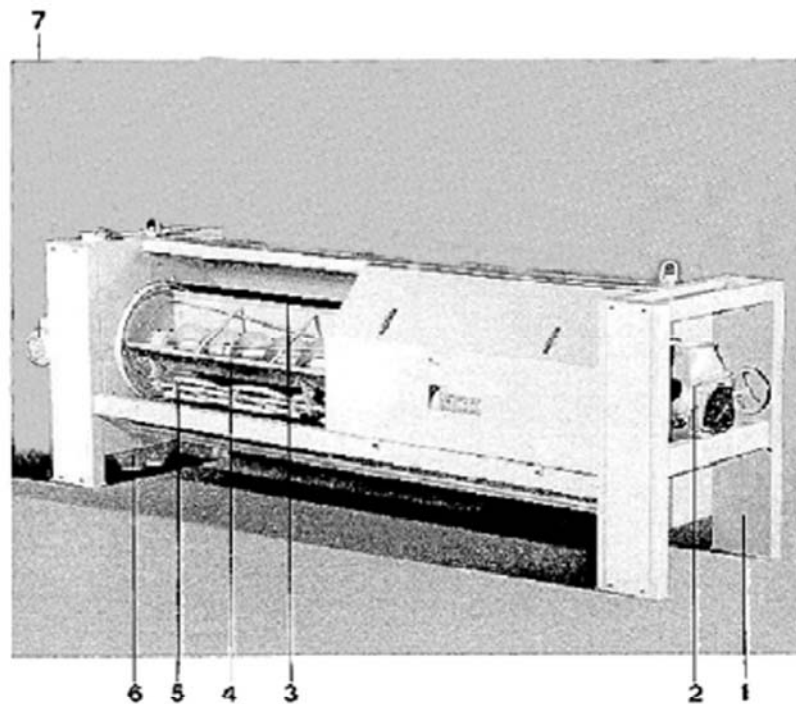


Рисунок 1.9. – Ультратрієрна установка УТ401/4:

1 – станина трієра; 2 – впускний вузол; 3 – циліндр трієра; 4 – жолоб трієра з транспортувальним шнеком; 5 – ударний валок; 6 – впускний вузол; 7 – привід

Впускний вузол складається (рис 1.10) з литого корпусу, прикріпленого до станини тріера. Від задньої його частини проходить порожній вал жолоба тріера через весь корпус.

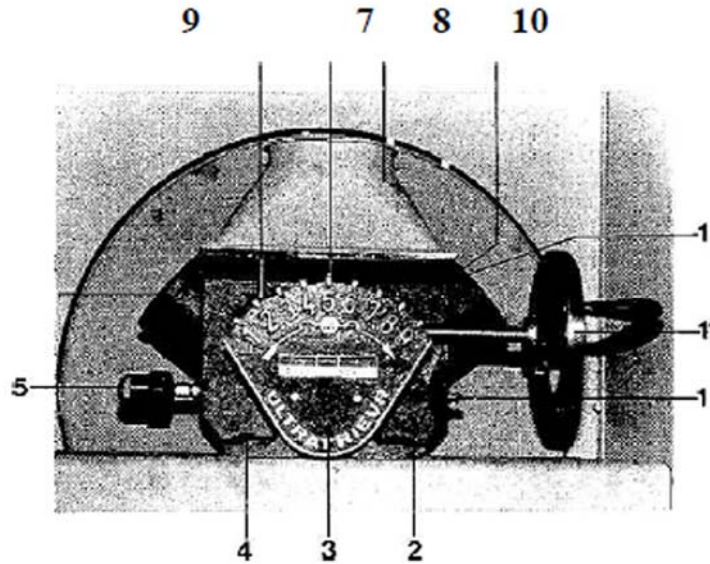


Рисунок 1.10 – Впускний вузол ультратрієрної установки типу УТ401/4: 1 – змащувальний ніпель; 2 – впускний вузол; 3 – табличка; 4 – гвинти; 5 – автоматичне мастильне гніздо; 6 – штуцер забору проб, лівий; 7 – покажчик; 8 – перехідний пристрій головної подачі; 9 – фіксуючий гвинт; 10 – штуцер забору проб, правий 11 – ручне махове колесо

Трієрний циліндр, Обидві половини якого накладаються на зірочку впуску і зірочку випуску, а потім закріплюються натяжним гвинтом.

Жолоб трієра зміцнюється розпірками, а також має дві підпірки, що йдуть у подовжньому напрямку жолоба. Його положення плавно регулюється ручним маховим колесом. Транспортувальний шнек, установлений на валу циліндра, приводиться ним же в рух, збирає відсортований продукт і транспортує з машини. Транспортувальний шнек установлюється між зірочками впуску і випуску, а на нього накладається циліндр. Для повного спустошення його необхідно повернути в обидва боки на 360° .

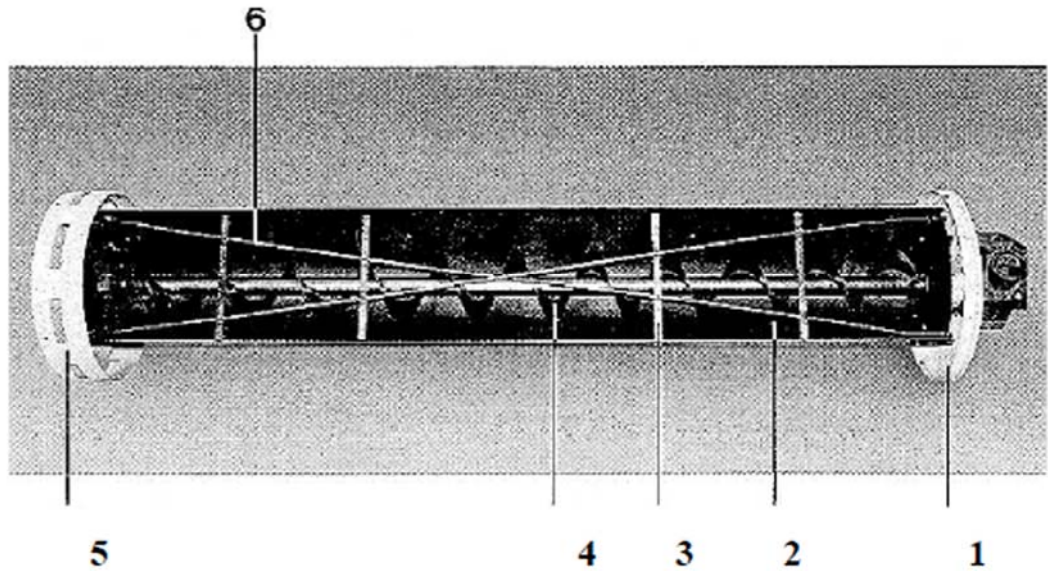


Рисунок 1.12.– Жолоб трієра з транспортувальним шнеком ультратрієрної установки типу УТ401/4: 1 – зірочка впуску; 2 – жолоб трієра; 3 – розпірки; 4 – транспортувальний шнек; 5 – зірочка випуску; 6 – підпірки жолоба

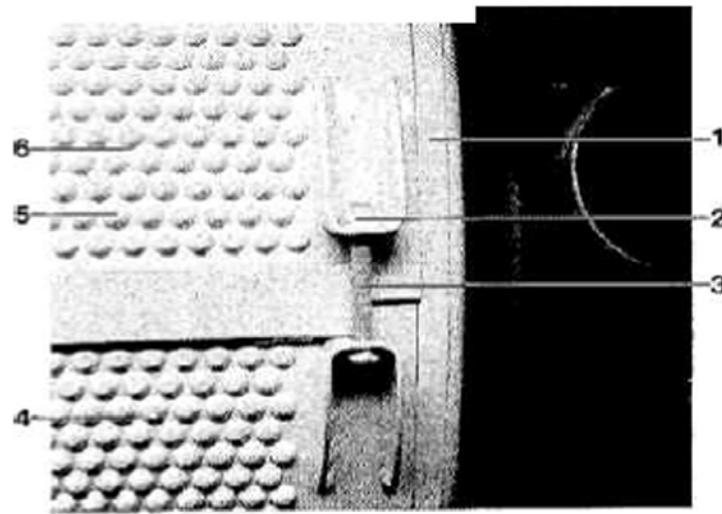


Рисунок 1.11 – Циліндр трієра ультратрієрної установки типу УТ401/4: 1 – зірочка впуску; 2 – гайка; 3 – натяжний гвинт; 4 – половинка циліндра; 5 – комірка трієра; 6 – половинка циліндра

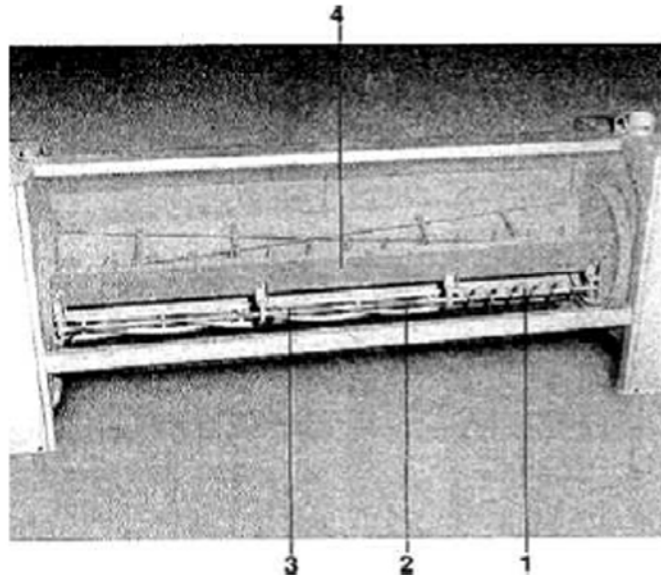


Рисунок 1.13 – Вал ударного валка ультратрієрної установки УТ401/4:
 1 – транспортувальний шнек / ударний валок; 2 – ударний валок; 3 – вал ударного валка; 4 – жолоб трієра

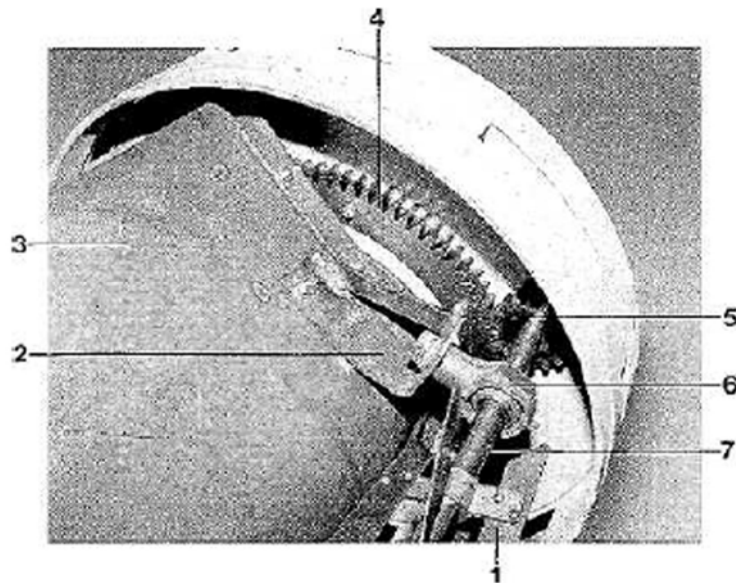


Рисунок 1.14 – Ударний валок ультратрієрної установки УТ401/4: 1 – ударний валок; 2 – кріпильна скоба; 3 – жолоб трієра; 4 – зубчастий вінець; 5 – шестірня; 6 – опора з підшипником; 7 – вал ударного валка

Ударний валок приводиться в рух за допомогою шестерні і зубчастого вінця, з боку завантаження вал має транспортувальний шнек, а з другого боку знаходиться ударний валок. Випускний вузол виводить окремо фракції, що надходять з жолоба трієра і циліндра трієра.

Для герметизації обертових вузлів використовуються повстяні ущільнювачі.

Принцип роботи ультратрієрної установка показано на рис. 1.15.

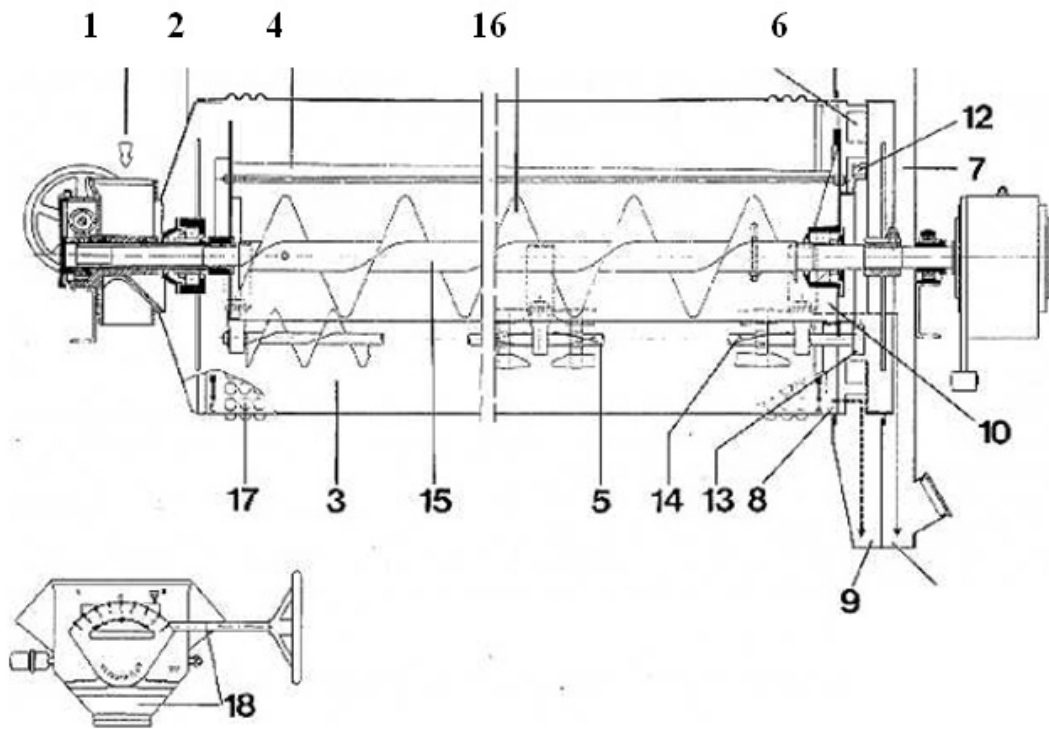


Рисунок 1.16. – Принцип роботи ультратрієрної установки UT401/4:
 1 – впуск; 2 – зірочка впуску; 3 – циліндр трієра; 4 – жолоб трієра; 5 – ударний валок; 6 – зірочка випуску; 7 – кришка випуску; 8 – випуск циліндра трієра; 9 – підключення продукту оболонки; 10 – випуск жолоба; 11 – підключення жолобового продукту; 12 – зубчастий вінець; 13 – шестерня; 14 – вал ударного валка; 15 – серединний вал трієра; 16 – транспортувальний шнек; 17 – комірка трієра; 18 – впускний вузол.

1.5. Техніко-економічне обґрунтування модернізації ультратрієрної установки UTR 401/4

Продукт, який подається в трієр піддається обробці в комірковому циліндрі і переміщується по ньому спочатку шнеком, потім ударним валком. Тобто по ходу спочатку зернова суміш практично не переміщується, посуваючись, шнеком, пізніше переміщується ударним валком не посуваючись вздовж вала. Це негативно впливає на ефективність обробки продукту, збільшує енерговитрати, погіршує якість обробки. Переробка великої кількості сировини може ускладнюватись різної якості викликає деколи завалювання установки сировиною і навіть зупинку.

Для усунення таких негативних явищ запропонована модернізація установки, яка полягає в заміні ударного валка шнеком з лопатками, розміщеними, рівномірно по шнеку з кутом 120° , які постійно перемішують сировину, усереднюючи її за складом, таким чином інтенсифікуючи обробку. Кут встановлення лоток також впливає на процес перемішування і відповідно на якість обробки сировини.

1.6. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження процесу очищення зерна ячменю на ультратрієрній установці UTR 401/4, встановлення впливу конструктивних параметрів вузла ударного валка на обробку сировини, розробка заходів з модернізації для покращення обробки сировини.

Завдання роботи:

- проаналізувати сучасні досягнення в галузі технології та обладнання для очищення зернової сировини;
- провести необхідні технологічні розрахунки ультратрієрної установки UTR 401/4 та визначення основних конструктивних параметрів обладнання;
- проаналізувати процес переміщення і перемішування зернової сировини в жолобі трієра,
- розробити заходи з модернізації вузла ударного валка;
- провести 3D моделювання елементів вузла ударного валка.

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень

При вирішенні завдань поставлених в кваліфікаційній роботі було використано ряд методів і засобів досліджень. Найперше використовувався метод пізнання щоб ознайомитись з існуючою по темі роботи інформацією. Мережа Internet та сучасні пошукові системи надають в цьому питанні широкі можливості. Широкі можливості до створення пошукового запиту, можливість чіткої конкретизації проблеми суттєво зменшує час на пошук необхідної інформації. Встроєні перекладачі дозволяють також ознайомлюватися з сучасною інформацією від провідних дослідницьких установ та організацій.

Розширення міжнародних зв'язків також сприяє поширенню даних про сучасні дослідження.

Великого поширення набули сьогодні методи математичного моделювання, які дозволяють значно розширити діапазон дослідження, опрацьовувати більші бази даних, враховувати при дослідження більшу кількість параметрів.

2.2. Особливості математичного моделювання процесів розділення і змішування сипких продуктів

Математичне моделювання процесів розділення і змішування сипких продуктів має певні особливості, оскільки при створенні математичної моделі процесу необхідно аналізувати поведінку твердої дисперсної багатокомпонентної системи як на макрорівні, так і на макрорівні. Для моделювання процесів розділення і змішування сипких продуктів сьогодні використовуються традиційними детерміновані моделі (регресії, структури потоку, теорії управління, конвекції тощо), а також набувають популярності індетерміновані способи опису змішування та розділення сипких компонентів.

При створенні детермінованих моделей, які базуються на аналітичному описі поведінки досліджуваної системи з в умовах однозначності, виникають складності через необхідності врахування фізико-механічних параметрів самої суміші та конструктивно - режимних параметрів технологічного обладнання.

Моделі регресії, які базуються на результатах попередніх експериментальних досліджень, дозволяють вивчати основні фактори в конкретному виді обладнання, дозволяють отримати залежності між параметрами у зручній формі але практично неможливе перенесення їх результатів на ширший діапазон параметрів.

Моделі структури потоків можна використовувати при відсутності перемішування потоків матеріалів або за його наявності при умовах повного рівномірного перемішування по всьому об'єму продукту або в окремій комірці або умові дифузійного перемішування.

Дифузійні детерміновані моделі не враховують особливості взаємодії сипких середовищ, таких як сегрегація, агломерація тощо; вазко ув'язуються з конструктивно-режимними параметрами обладнання.

3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ ТРІЄРА UTR 401/4

3.1. Призначення трієра UTR 401/4 в технологічній лінії виробництва солоду

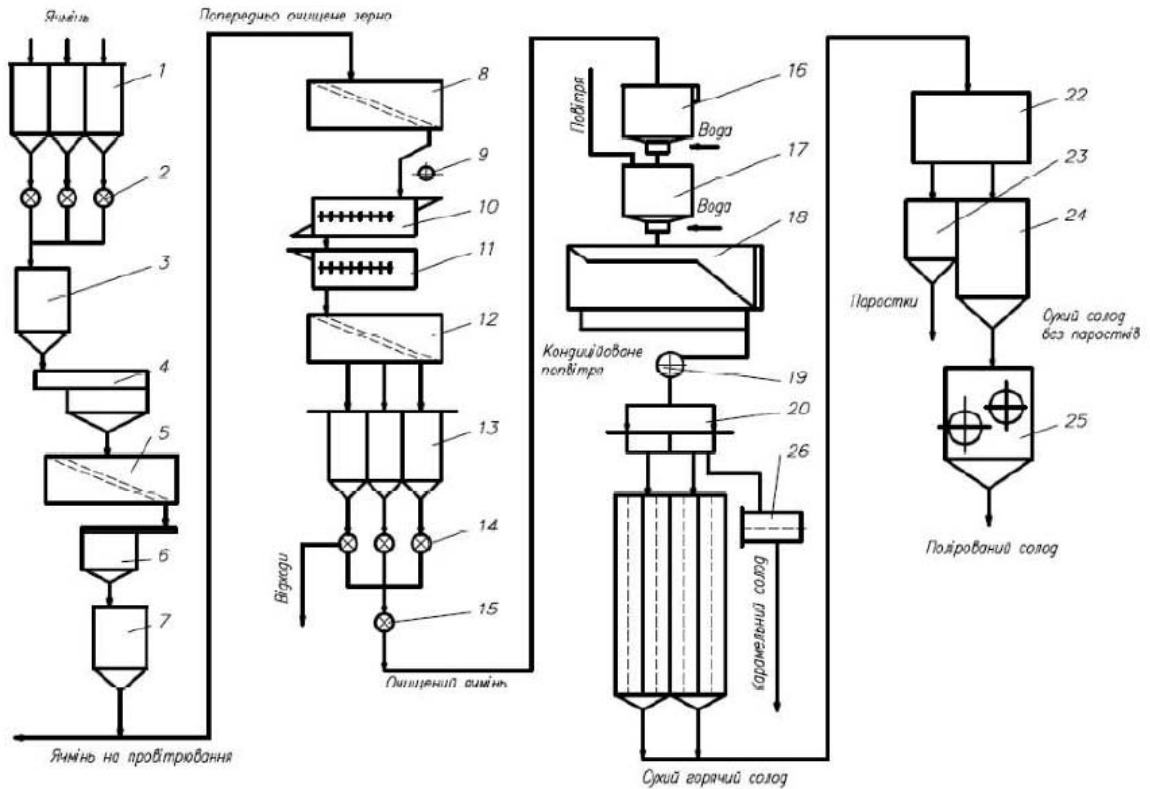


Рисунок 3.1.-Машинно-апаратурна схема виробництва солоду: бункер зберігання 1, перемикач потоку 2, проміжний бункер 3, ваги 4, 6, повітряно-ситовий сепаратор 5, 8, силоси 7, магнітний сепаратор 9, трієри 10,11, ситова машина 12, бункер 13, розподільувач потоку 14, дозатор 15, замочний чан 16, 17, апарат солодородження 18, живильник 19, камера підв'ялювання 20, сушилка 21, паростковідбойна машина 22, паростковий бункер 23, силоси 24, полірувальна машина 25, обсмажуючий барабан 26.

В традиційній МАС виробництва солоду ячмінь проходить двічі очистку від домішок на трієрах. Визначимо основні параметри трієра для очистки ячменя. Окружна швидкістю, яка для швидкохідних трієрів становить 0,9-1,4 м/с. Користуючись даними [12] вибираємо розміри комірок для очистки пшениці від коротких домішок.

Для очищення пшениці:

діаметр комірок становить $d=5$ мм,

довжина зерна $\delta=10$ мм,

насипна вага $\rho=750$ кг/м³,

кут природного відкосу $\beta=25^\circ$,

коефіцієнт тертя до сталі $f=0.36$

Довжина трієрного барабана L , м в першому наближенні за формулою

Павловського:

$$L = \frac{53 \cdot G \cdot a}{D \cdot k \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot n} = \frac{166.42 \cdot G \cdot a}{k \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot v}$$

де $G = 4000$ кг/год – задана продуктивність трієра,

$a=10\%$ - вміст коротких зерен в сировині:

D - діаметр трієрного циліндра,

k – кількість комірок на 1м² трієрної поверхні:

$$k = \frac{8 \cdot 10^7}{d^2 + d + 0.2 \cdot s} = \frac{8 \cdot 10^7}{5^2 + 5 + 0.2 \cdot 1} = 3,9 \cdot 10^8,$$

де $s = 1$ – місткість однієї комірки,

$\varepsilon=0,1$ – коефіцієнт використання коміркової поверхні для трієрів, що

відділяють короткі домішки

$$\text{Таким чином } L = \frac{166.42 \cdot 4000 \cdot 0.1}{3,9 \cdot 10^8 \cdot 0.001 \cdot 0.1 \cdot 1.1} = 1.551 \text{ м}$$

Діаметр трієрного барабана для швидкохідних трієрів визначаємо за

залежністю:

$$D = L / (1.25 \div 3.75)$$

тоді

$$D = L / 3 = 0,517 \text{ м.}$$

Приймаємо $D=0,52$ м.

Радіус шнека для забезпечення необхідного кута зсуву зерна по робочій стінці жолоба для концентрично розміщеного шнека визначаємо з залежності:

$$r \geq R \cdot \sin(\varphi - \alpha_0),$$

де $R=0.26$ м – радіус трієрного циліндра,

φ - кут тертя зерна по матеріалу жолоба, $\alpha_0=10^\circ$ - центральний кут встановлення жолоба над горизонтальним діаметром.

$$\varphi = \arctg(f) = \arctg(0,36) = 0.34 \text{ рад} = 19,5^\circ$$

$$r \geq 0,26 \cdot \sin(19,5 - 10) = 0,092 \text{ м}$$

Конструктивно приймаємо $r = 0,11$ м.

Тоді дальність польоту зерна по горизонталі

$$2a = \frac{\omega^2 \cdot R^2}{g} \sin 2\alpha$$

$$\text{де } \alpha = \varphi + \arcsin(K \cdot \cos \varphi) = 19,5 + \arcsin(0,5 \cdot \cos 19,5) = 47,5^\circ$$

$$\text{Тоді } 2a = \frac{4,23^2 \cdot 0,26^2}{9,81} \sin(2 \cdot 47,5) = 0,13 \text{ м}$$

Висота польоту зерна по вертикалі дорівнює

$$b = \frac{\omega^2 \cdot R^2}{2g} \cos 2\alpha = \frac{4,23^2 \cdot 0,26^2}{2 \cdot 9,81} \cos(2 \cdot 47,5) = 0,05 \text{ м.}$$

Необхідну потужність приводу трієра визначають за формулою [15]:

$$N = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot G}{\eta} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 4000}{0,8} = 1 \text{ кВт,}$$

де $\eta=0,8 - 0,9$ - к.к.д. приводу трієра

Вибираємо трьохфазний двигун АИР80 з номінальною потужністю 1.1 кВт та частотою обертання 1000об/с.

3.2. Структурна схема ультратрієрної установки UTR 401/4

Особливість роботи трієрних машин є те, що їх робочі органи здійснюють обертовий рух, при чому в різних напрямках. В трієрі від двигуна відбувається передача крутного моменту крутного транспортувальному шнеку, комірковому циліндру, робочим органам вузла ударного валка. Структурна показує ув'язку між всіма робочими органами машини

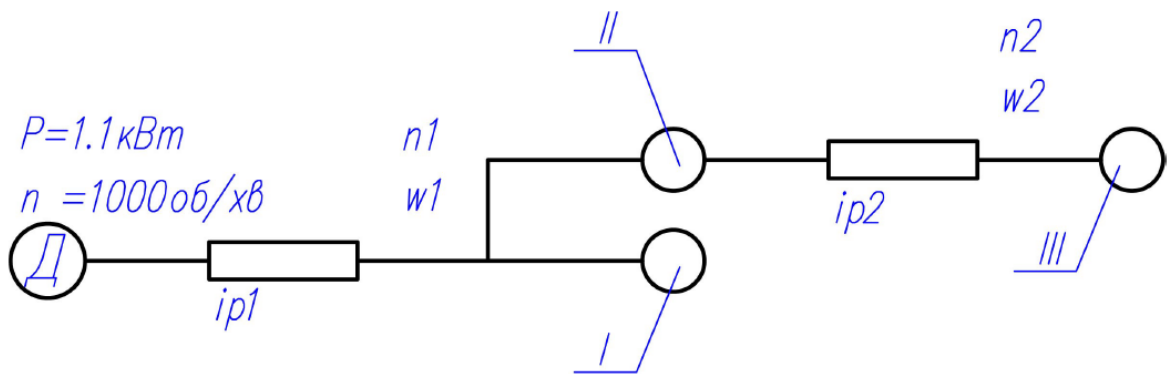


Рисунок 3.2.- Структурна схема ультратрієрної установки UTR 401/4

3.3. Кінематичний аналіз ультратрієрної установки UTR 401/4

Кінематична схема трієра UTR 401/4 дає уявлення про всі механізми машини, передачу руху від електроприводів, допомагає зрозуміти принцип роботи машини, визначити швидкість і передавану потужність всіх валів обладнання. Також вона показує яким чином рух передається елементам машини.

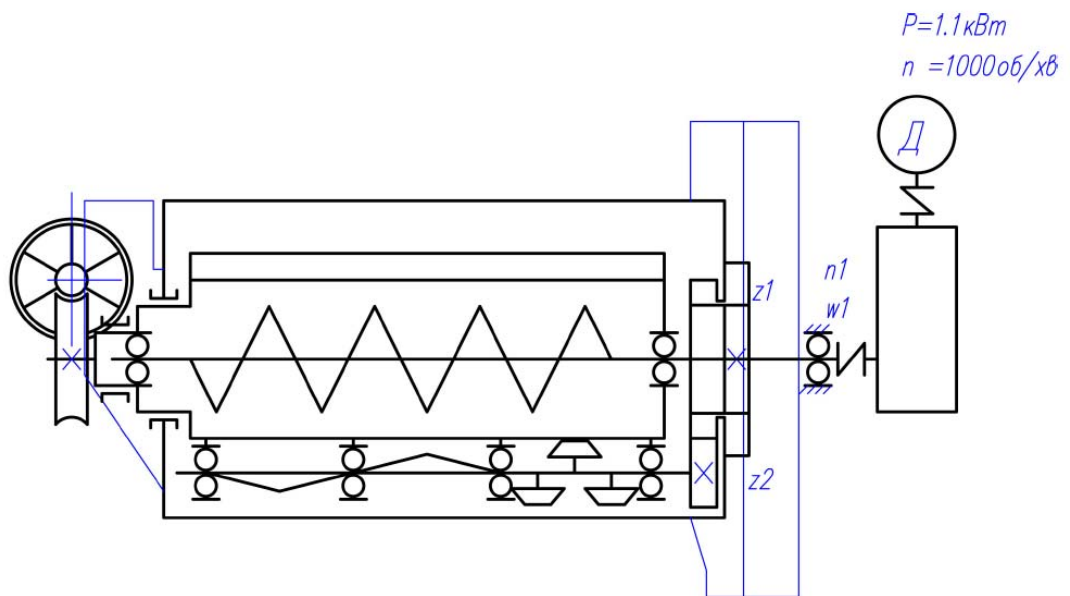


Рисунок 3.3 – Кінематична схема ультратрієрної установки UTR 401/4

Визначення кінематичних параметрів приводу

Для розрахунку задаємося необхідними вихідними параметрами:
діаметр трієрного циліндра:

$$D_p := 0.52 \text{ м};$$

швидкість обертання трієрного циліндру:

$$v_p := 1.1 \text{ м/с};$$

Визначаємо кутові швидкості валів:

$$\omega_p := \frac{2 \cdot v_p}{D_p} \quad \omega_p = 4.231 \text{ 1/с};$$

Орієнтуємось на електродвигун з синхронною швидкістю обертання:

$$n_{dv} := 1000 \text{ об/хв},$$

$$\omega_1 := \frac{\pi \cdot n_{dv}}{30} \quad \omega_1 = 104.72 \text{ 1/с}.$$

Швидкості обертання валів:

$$n_p := \frac{30 \cdot \omega_p}{\pi} \quad n_p = 40.401 \text{ об/хв};$$

$$n_{III} := n_p \quad n_{III} = 40.401 \text{ об/хв};$$

Тоді передавальне відношення приводу від електродвигуна до циліндра трієра та шнека буде:

$$i_1 := \frac{n_{dv}}{n_p} \quad i_1 = 24.752$$

Вибираємо черв'ячний редуктор МК 63-24,5 з передаточним відношенням

$$i_1 := 24.5$$

Задаємось швидкістю руху та діаметром допоміжного шнеку:

$$v_{pd} := 0.35 \text{ м/с};$$

$$D_k := 0.05 \text{ м};$$

Визначаємо кутову швидкість допоміжного шнеку:

$$\omega_{pd} := \frac{2 \cdot v_{pd}}{D_k} \quad \omega_{pd} = 14 \text{ 1/с};$$

$$n_{pd} := \frac{30 \cdot \omega_{pd}}{\pi} \quad n_{pd} = 133.69$$

Передаточне відношення буде:

$$i_2 := \frac{n_p}{n_{pd}} \quad i_2 = 0.302$$

$$\omega_p := \frac{2 \cdot v_p}{D_p} \quad \omega_p = 4.231 \text{ 1/с}; \quad +$$

3.4. Конструктивний розрахунок шнека вузла ударного валка

Шнек має наступні параметри:

зовнішній радіус вала шнека: $r := 0.015$ (м)

зовнішній радіус шнека: $R := 0.055$ (м)

крок шнека $t := 0.193$ (і)

частота обертання шнека: $n := \frac{498.78}{60}$ (об/с)

ширина вершини витка $a := 0.002$

ширина основи витка $b := 0.0024$

Матеріал шнека: Сталь $\rho := 7800$

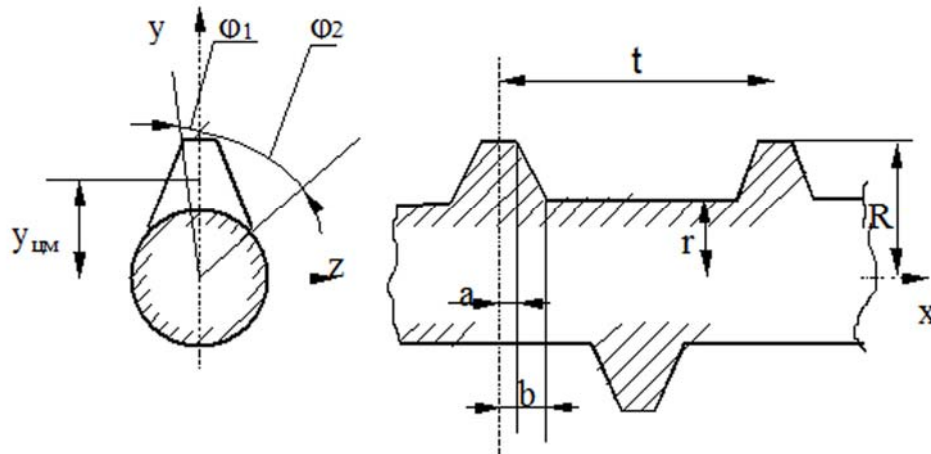


Рисунок 3.5 - Принципова схема шнека

Загальна довжина шнека:

$$L := 1.13$$

$$L = 1.13 \quad (\text{м})$$

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному перерізі:

$$\alpha_n := \arcsin\left(\frac{b - a}{R - r}\right)$$

$$\alpha_n \cdot \frac{180}{\pi} = 0.573$$

Визначимо момент інерції перерізу однозаходного шнека відносно осі z.

Розрахункові кутові коефіцієнти:

$$\phi_1 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{a}{t} \quad \phi_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 3.731$$

+

$$\phi_2 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{t} \quad \phi_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 4.477$$

Момент інерції перерізу в ала шнека відносно осі z:

$$J_{1z} := \frac{\pi}{4} \cdot (r^4) - \frac{\pi}{4} \cdot [(r - 0.01)^4] \quad J_{1z} = 3.927 \times 10^{-8} \quad (M4)$$

Розрахункові лінійні коефіцієнти

$$x_1 := 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1) \quad x_1 = 7.157 \times 10^{-3} \quad (i)$$

$$x_2 := 2 \cdot r \cdot \sin(\phi_2) \quad x_2 = 2.342 \times 10^{-3} \quad (i)$$

Подальший розрахунок проводить ся для максимального лінійного коефіцієнта

$$H := x_1 \quad H = 7.157 \times 10^{-3} \quad (i)$$

Площа поперечного перерізу витка шнека:

$$F_{\Gamma} := (R \cdot \sin(\phi_1) + r \cdot \sin(\phi_2)) \cdot (R - r) \quad F_{\Gamma} = 1.9 \times 10^{-4} \quad (M)$$

Момент інерції перерізу витка шнеку відносно осі, що проходить через його центр мас і паралельно осі z:

$$J_{2z} := \frac{F_{\Gamma}^2 \cdot (R - r \cdot \cos(\phi_2))}{12 \cdot H} \quad J_{2z} = 1.683 \times 10^{-8} \quad (i3)$$

Координата центра мас витка шнека:

$$Y_{\text{цм}} := \frac{1}{3} \cdot (R - r) \cdot \frac{r \cdot \sin(\phi_2) + 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)}{r \cdot \sin(\phi_2) + R \cdot \sin(\phi_1)} + r \quad Y_{\text{цм}} = 0.038 \quad (M)$$

Момент інерції перерізу шнека відносно осі z

$$J_z := J_{1z} + \left(J_{2z} + F_r \cdot Y_{\text{цм}}^2 \right) \quad J_z = 3.359 \times 10^{-7} \quad (i4)$$

Припускаємо, що перпендикулярні до осі шнека навантаження взаємно компенсуються.

На шнек діє поздовжнє зусилля, виникаюче в транспортованому матеріалі, що визначається наступним чином:

$$S = \int_0^L q_x(x) dx$$

де $q(x)$ - інтенсивність розподіленого осьового навантаження

$$q_x(x) = \left[-\Delta p(x) + (2 \cdot p(x) - \Delta p(x)) \cdot f \cdot \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right] \cdot \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t}$$

аа $f := 0.01$ коефіцієнт, що враховує тертя між умовними шарами транспортованого матеріалу

$\beta(x)$ - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнека

$$\beta := \operatorname{atan}\left(\frac{t}{r \cdot 2 \cdot \pi}\right) \quad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 63.972$$

$p(x)$ - тиск в порожнині на поточному витку:

$$\begin{cases} p(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ p(x) = p_0 + \frac{p_{\max} - p_0}{L} (x - l_3) & l_3 \leq x \leq L + l_3 \end{cases}$$

де $l_3 := \frac{L}{4}$ $l_3 = 0.282$ (м) - довжина частини шнека перед завантажувальною камерою, приймаємо

$$l_3 := 0$$

$p_0 := 0.10 \cdot 10^6$ (Па) - атмосферний тиск

$p_{\max} := 0.1 \cdot 10^6$ (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека

$p'(x)$ - тиск в порожнині на попередньому витку:

$$\begin{cases} p'(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ p'(x) = p_0 + \frac{p_{max} - p_0}{L} (x - l_3 - t) & l_3 + t(l_3) \leq x \leq L + l_3 \end{cases} ;$$

Позначим $\Delta p = p - p'$:

$$\begin{cases} \Delta p = 0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{x - l_3}{L} & l_3 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{t}{L} & l_3 + t(l_3) \leq x \leq l_3 + L \end{cases} ;$$

Проведемо необхідні підстановки і проінтегруємо вираз. Після інтегрування отримаємо:

Геометрична силова складова:

$$HS := \left[\frac{t^2}{2} \cdot \left(f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} - 1 \right) - (L \cdot t - t^2) \cdot \left(1 + f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right) + (L^2 - t^2) \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right]$$

$$HS = -0.177 \quad (M^2)$$

$$S := \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t} \cdot \left(2 \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \cdot p_0 \cdot L + \frac{p_{max} - p_0}{L} \cdot HS \right) \quad S = 210.944 \quad (H)$$

знак “-” вказує на стискаючу дію осьової сили.

Оскільки величини осьової сили набагато більша порівняно із очікуваним значенням маси шнека при розрахунку підшипникових опор її враховувати не будемо.

Проведемо перевірку по напруженнях для основи і гвинтової лінії шнека.

Напруження стиску від дії осьових сил.

$$\sigma = \frac{S}{F}$$

де F - площа поперечного січення вала шнека

$$F := \pi \cdot r^2 \qquad F = 7.069 \times 10^{-4} \qquad (\text{м}^2)$$

$$\sigma := \frac{S}{F} \qquad \sigma = 2.984 \times 10^5 \qquad (\text{Па})$$

Дотичні напруження визначаються з залежності:

$$\tau = \frac{M}{W_p} = \frac{\frac{2}{3} \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot \text{tg}[\beta] \cdot [R^3 - r^3]}{\frac{\pi \cdot [r^4 - r_0^4]}{2 \cdot r_0}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_{\max} \cdot r_0 \cdot \text{tg}[\beta] \cdot [R^3 - r^3]}{[r^4 - r_0^4]}$$

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot (R^3 - r^3) \qquad M = 69.909 \quad (\text{Н*м})$$

$$W := \frac{\pi \cdot r^4}{2} \qquad W = 7.952 \times 10^{-8} \qquad (\text{м}^3)$$

$$\tau := \frac{M}{W} \qquad \tau = 8.791 \times 10^8 \qquad (\text{Па})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \qquad \sigma_{\text{екв}} = 1.758 \times 10^9 \qquad (\text{Па})$$

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість шнека:

$$\omega := 2\pi \cdot n \qquad \omega = 52.232 \quad \text{рад/с}$$

Потужність :

$$N := \frac{M \cdot 1000}{\omega} \qquad N = 1.338 \times 10^3 \quad (\text{Вт})$$

3.5. Встановлення параметрів шнека для переміщення очищеного продукту

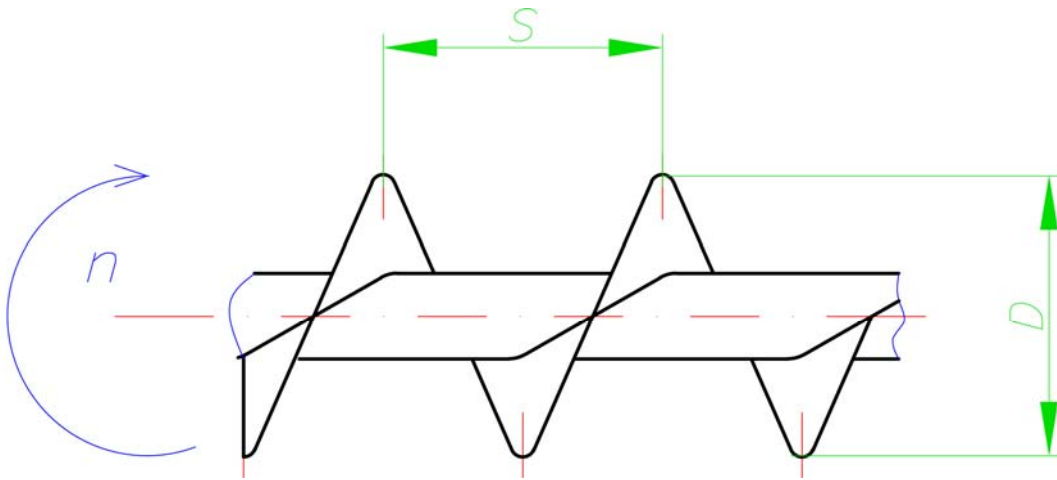


Рисунок 3.6. Розрахункова схема

Для розрахунку шнека для переміщення очищеного продукту

попередньо задамося співвідношенням $k_D \frac{D}{S} = 1$

Визначаємо необхідний діаметр гвинта шнека за формулою:

$$D = 0.275 \cdot \sqrt[3]{\frac{G \cdot (1-b)}{k_a \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma \cdot k_\beta}} = 0.275 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot (1-0.1)}{1 \cdot 148.75 \cdot 0.4 \cdot 0.6 \cdot 1}} = 0.118 \text{ м}$$

где: D – діаметр гвинта, м;

G – розрахункова продуктивність конвеєра, т/ч;

b – проектний вміст забруднення в зерні, b = 10%;

k_D - відношення кроку гвинта до діаметру гвинта:

ψ - коефіцієнт використання об'єму, для зерна $\psi = 0,4$

n – частота обертання шнека, n = 148.75 об/мин;

γ - насипна густина вантажа, т/м. Для зерна $\gamma = 0,6$ т/м³;

k_β – коефіцієнт зменшення продуктивності залежно від кута нахилу шнека:
 $k_\beta = 1.0$;

Конструктивно приймаємо $D = 0,11$ м

Тоді

$$S = 0,11 \text{ м.}$$

Осьова швидкість переміщення вантажу:

$$v = S \cdot n = 0,11 \cdot 149,75 = 16,47 \text{ м/хв.}$$

Перевіряємо частоту обертання шнека за формулою

$$n < n_{\max} = \frac{A_b}{\sqrt{D}}$$

Для зерна $A_b = 60$,

$$\text{тоді } n_{\max} = \frac{A_b}{\sqrt{D}} = \frac{60}{\sqrt{0,11}} = 180,92 \text{ об/хв.}$$

Умова $n < n_{\max}$ виконується.

Параметри спроектованого шнека

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| Продуктивність | 3,8 т/год |
| Шнек | однозаходний |
| Кількість підшипникових опор | 3 |
| Довжина конвеєра | 1050мм |
| Кут нахилу | 0 |
| Діаметр гвинта | 110мм |
| Крок гвинта | 110мм |
| Частота обертання гвинта | 149,75об/хвм |
| Осьова швидкість преміщення продукту | 16,75м/хв |

3.6. Розрахунок кінематичної пари зубчатий вінець – зубчате колесо ультратрієрної установки UTR 401/4

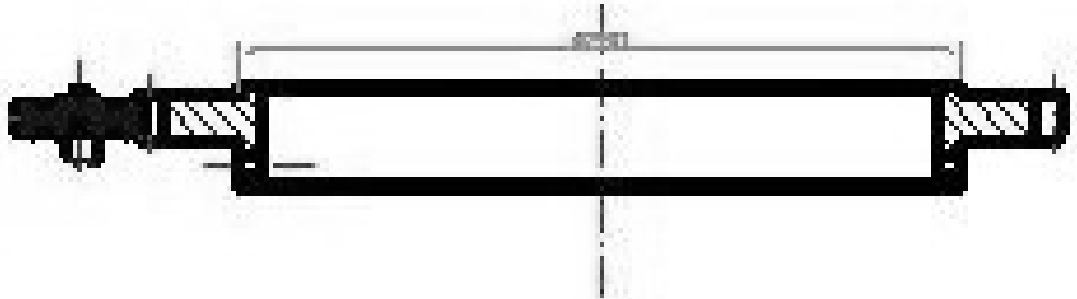


Рисунок 3.7. – Розрахункова схема

Проведемо перевірочний розрахунок міцності зубців зубчатої пари z_1 - z_2 за контактними напруженнями та за напруженнями згину.

Матеріал - сталь 45 Гост 1050-88. Механічні властивості матеріалу [12]:

$$\sigma_B := 570 \cdot 10^6 \quad \text{Па}$$

$$HB := 180$$

Приведений модуль пружності

$$E_{\text{пр}} := 2.1 \cdot 10^5 \quad \text{МПа}$$

Номінальна потужність та кількість обертів на валу електродвигуна:

$$P_{\text{дв}} := 1.1 \cdot 10^3 \quad \text{Вт}$$

$$n_{\text{дв}} := 1000 \quad \text{об/хв}$$

$$\omega_1 := \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} \quad \omega_1 = 104.72 \quad \text{рад/с}$$

Крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_1 := \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_1} \quad T_1 = 10.504 \quad \text{Н*м}$$

Передаточне відношення редуктора:

$$u_k := 24.5$$

К.к.д. редуктора [10]:

$$\eta_k := 0.9$$

Крутний момент на валу з більшою швидкістю:

$$T_2 := T_1 \cdot u_k \cdot \eta_k \quad T_2 = 231.618 \quad \text{Н*м}$$

Кількість обертів валу з більшою швидкістю:

$$n_2 := 468.75 \quad \text{об/хв}$$

1. Розглянемо зубчасту пару $z_{12} \cdot z_{22}$.

Кількість зубців:

$$z_1 := 20 \quad z_2 := 73$$

$$b_1 := 40 \quad \text{мм} \quad b_2 := 45 \quad \text{мм}$$

$$m := 5 \quad \text{мм}$$

$$\beta := 16.26 \quad \circ$$

$$\alpha := 15 \quad \circ$$

$$\cos\beta := 1$$

$$\sin 2\alpha := 0.5$$

$$u_{12} := \frac{z_2}{z_1}$$

$$u_{12} = 3.65$$

Ділильні діаметри:

$$d_1 := z_1 \cdot \frac{m}{\cos\beta} \quad d_1 = 100 \quad \text{мм}$$

$$d_2 := z_2 \cdot \frac{m}{\cos\beta} \quad d_2 = 365 \quad \text{мм}$$

Міжосьова відстань:

$$a_1 := 0.5 \cdot (d_1 + d_2) \quad a_1 = 232.5 \text{ мм}$$

Визначаємо окружну швидкість:

$$v_{12} := \frac{\pi \cdot d_1 \cdot 10^{-3} \cdot n_2}{60} \quad v_{12} = 2.454 \text{ м/с}$$

Приймаємо 8 степінь точності. З таблиці 8,3 [10]:

$$K_{Hv} := 1.02$$

За графіком рис.8.15 [10], з врахуванням коефіцієнту ширини шестерні відносно діаметру:

$$\psi_{bd12} := \frac{b_1}{d_1} \quad \psi_{bd12} = 0.4$$

маємо коефіцієнт концентрації навантаження:

$$K_{H\beta} := 1.27$$

$$K_H := 1.1 \cdot K_{H\beta} \quad K_H = 1.397$$

З таблиці 8.7 [10]:

$$K_{H\alpha} := 1.07$$

Коефіцієнт торцьового перикриття:

$$\epsilon_{\alpha} := \left[1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos\beta \quad \epsilon_{\alpha} = 1.676$$

який знаходиться в рекомендованих границях.

За формулою 8.28 [10] знаходимо коефіцієнт збільшення міцності косозубих передач за контактними напруженнями:

$$Z_{H\beta} := \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot (\cos\beta)^2}{\epsilon_{\alpha}}} \quad Z_{H\beta} = 0.799$$

Розрахункові контактні напруження визначасмо за формулою 8.29 [10] для прямозубих передач:

$$\sigma_H := 1.18 \cdot Z_{H\beta} \sqrt{\frac{E_{\text{пр}} \cdot T_2 \cdot 10^3 \cdot K_H \cdot \left(\frac{u_{12} + 1}{u_{12}} \right)}{d_1^2 \cdot b_1 \cdot \sin 2\alpha}}$$

$$\sigma_H = 620.261 \quad \text{МПа}$$

Кількість циклів навантаження кожного зуба за

строк служби $T_c := 10000$ годин

$$N_{\text{ц}} := T_c \cdot 60 \cdot n_2 \quad N_{\text{ц}} = 2.813 \times 10^8$$

Оскільки $N_{\text{ц}} > 10^7$, то коефіцієнт режиму:

$$k_{pk} := 1$$

Допустимі контактні напруження для матеріала шестерень визначаємо за формулою [11]:

$$\sigma_H := 2.75 \cdot HB \cdot k_{pk} \quad \sigma_H = 495 \quad \text{МПа}$$

Оскільки $\sigma_H < [\sigma_H]$, то умова міцності за контактним напруженням виконується.

Проведемо перевірку за напруженнями згину.

Еквівалентна кількість зубів шестерень:

$$z_{v12} := \frac{z_1}{\cos \beta} \quad z_{v12} = 20$$

$$z_2,$$

$$z_{v22} := \frac{z_2}{\cos \beta} \quad z_{v22} = 73$$

За графіком рис.8.20 [10] при коефіцієнті зміщення $x=0$ знаходимо коефіцієнти форми зубців:

$$Y_{F12} := 3.92 \quad Y_{F22} := 3.74$$

$$Y_{F12} := 3.92 \quad Y_{F22} := 3.74$$

$$n_T := 1.75$$

Визначаємо відношення:

$$\frac{\sigma_B}{Y_{F12} \cdot n_T} = 8.309 \times 10^7$$

$$\frac{\sigma_B}{Y_{F22} \cdot n_T} = 8.709 \times 10^7$$

Далі розрахунок виконуємо для шестерні, у якої відношення менше.

$$Y_F := Y_{F12} \quad Y_F = 3.92$$

З таблиці 8.7 [10] маємо:

$$K_{F\alpha} := 1.22$$

$$Y_\beta := 1 \cdot \frac{\rho}{140} \quad Y_\beta = 0.884$$

$$Z_{F\beta} := K_{F\alpha} \cdot \frac{Y_\beta}{\varepsilon_\alpha} \quad Z_{F\beta} = 0.643$$

За графіком рис.8.15 [10], з врахуванням коефіцієнту ширини шестерні відносно діаметру:

$$K_{F\beta} := 1.24$$

За табл.8.3 [10]:

$$K_{Fv} := 1.11$$

Тоді $K_F := K_{F\beta} \cdot K_{Fv}$ $K_F = 1.376$

Окружна сила в зацепленні:

$$F_t := 2 \cdot \frac{T_2 \cdot 10^3}{d_1} \quad F_t = 4.632 \times 10^3 \quad \text{Н}$$

Максимальні розрахункові напруження на згин:

$$\sigma_F := \frac{Y_F \cdot Z_{F\beta} \cdot F_t \cdot K_F}{b_1 \cdot m} \quad \sigma_F = 80.395 \quad \text{МПа}$$

Допустимі напруження на згин:

$$\sigma_F := \frac{\sigma_D}{n_T} \quad \sigma_F = 3.257 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

Оскільки $\sigma_F < [\sigma_F]$, то умова міцності за напруженням на згин виконується.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ШНЕКОМ ВУЗЛА УДАРНОГО ВАЛКА В УЛЬТРАТРІЄРНІЙ УСТАНОВЦІ UTR 401/4

4.1. Аналіз процесу очищення ультратрієрною установкою UTR 401/4 зерна ячменю

Зернова суміш подається в комірковий барабан трієра з одного кінця установки і вивантажується з іншого. Під час проходження комірковим барабаном, який обертається, відбувається вилучення з засміченої зернової суміші його стінкою частинок з розмірами більшими ніж комірки на стінці барабана. Такі частинки піднімаються про стінці і потрапляють в жолоб, оснащений транспортувальним шнеком. Решта зернової суміші з'їжджає вниз по стінці трієрного циліндра. Нижче жолоба в комірковому барабані розташований вузол ударного валка, який становить собою довгий вал, закріплений в чотирьох підшипникових опорах. Частина валу є шнеком(на вході сировини), частина обладнана ударними валками. При такій конструкції ударного валка на ділянці шнека відбувається вилучення домішок, а решта сировини практично посувається шнеком, оскільки ячмінь є сипким матеріалом. Тобто на цій ділянці не відбувається достатнього перемішування ячменю, що сповільнює процес очищення, вимагає більших енерговитрат та може приводити до погіршення якості продукції.

На ділянці ж з ударними валками відбувається інтенсивне перемішування сировини, але сповільнюється просування матеріалу і може відбуватися завал і зупинка обладнання.

Щоб уникнути таких недоліків запропоновано вал з ударним валком і шнеком повністю замінити шнеком з рівномірно розміщеними по ньому лопатками. При такій модернізації важливим є провести дослідження з

визначення підйомної сили та кута початку руху зернинки і визначити оптимальні значення.

4.2. Визначення залежності кута початку руху зернят від кута атаки

Дослідження процесу переміщення зернової продукції шнеком вузла ударного валка базуються на умови рівноваги під час переходу від стану спокою до руху. При обертанні шнека на зернинку, що знаходиться на поверхні додаткової лопаті, діятимуть гравітаційні та відцентрові сили.

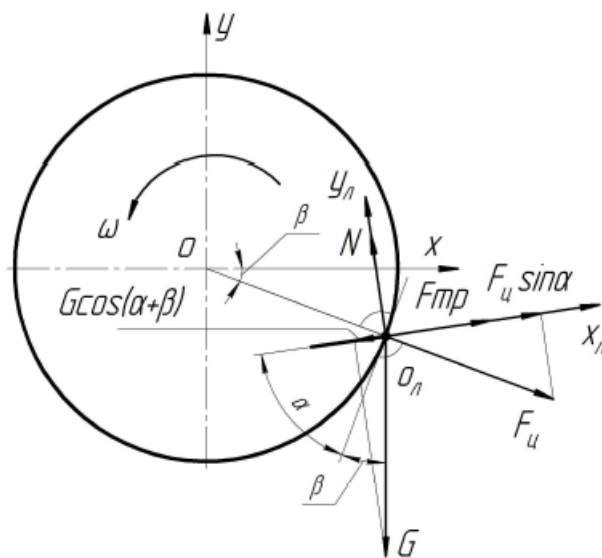


Рисунок 4.1 – Схема сил, діючих на зерно ячменю на лопатці

При роботі циліндричного трієра ударний валок виконує роль переміщення матеріалу по циліндричному барабану, а також перемішування матеріалу оскільки домішки вилучаються трієрним циліндром і вміст їх по об'єму матеріалу стає нерівномірним, що негативно впливає на якість процесу очищення. Для покращення перемішування сировини під час її руху барабаном пропонується встановлення лопаток по краю шнеку, які б додатково перемішували матеріал. Встановимо кількість лопаток, їх геометричні розміри, вплив на енергетичні показники та технологічні показники. При переміщенні лопаток в масі матеріалу при сталому русі виникають сили опору руху: тертя матеріалу по матеріалу, тертя по робочих

та бічних поверхнях робочих органів, опір матеріалу при його зміщенню відповідно до сусідніх мас.

Рівняння рівноваги діючих на частинку сил:

$$-F_{mp} + G \cdot \cos(\alpha + \beta) - F_{вц} \cdot \cos(90 - \alpha) = 0 \quad (4.1)$$

де F_{mp} - сила тертя,

G - сила земного тяжіння,

$F_{вц}$ - відцентрова сила,

φ - коефіцієнт тертя

β - кут очатку руху,

α - кут атаки

Чисельне значення кута, при якому частинка зернової сумші починає рухатися, залежить від її положення на поверхні додаткової лопаті, тобто від величини кута. Перехід від стану спокою в рух тверді характеризує стійкий рух усієї маси зернинки, що знаходиться на поверхні додаткової лопаті.

Математична модель для визначення кута початку руху β матиме такий вигляд:

$$\beta = \arcsin \frac{-\sin \beta \left(\frac{Nf_{mp}}{mg} + \frac{\omega^2 R \sin \alpha}{g} \right) \pm \sqrt{4(\sin^2 \alpha + 1) - \left(3 \sin^2 \alpha + 4 \left(\frac{Nf_{mp}}{mg} + \frac{\omega^2 R \sin \alpha}{g} \right) \right)^2}}{2(1 + \sin^2 \alpha)} \quad (4.2)$$

З рівняння (4.2) впливає залежність величини кута від кута атаки, яка може бути описана графічною варіацією розташування кута β , при досягненні якого частка металевої стружки починає рух

з урахуванням усіх сил, що діють на неї, а також з урахуванням кута атаки додаткових лопатей .

Маючи значення кута можна вирішити рівняння 4.1 і визначити рушійну силу, яка діє на транспортовану сировину.

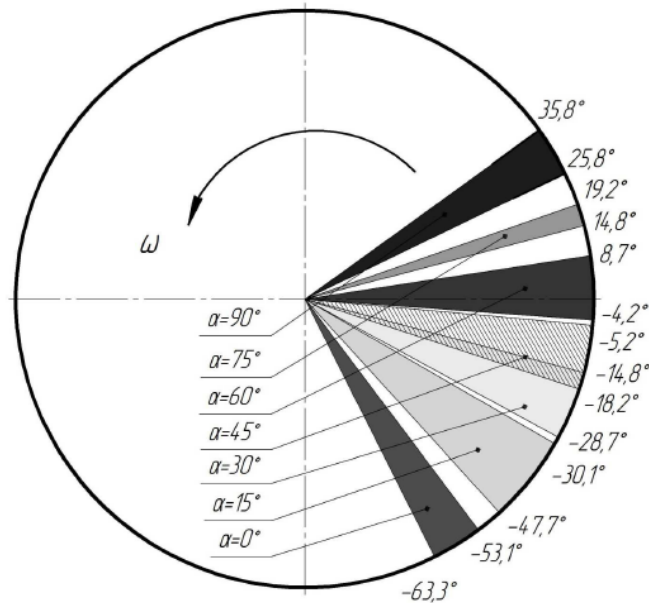


Рисунок 4.4. - Значення кутів початку руху залежно від кутів атаки

4.3. Визначення впливу кутів атаки та початку руху на величину підйомно-рушійної сили

вплив кута атаки та кількості додаткових лопаток на транспортувальну здатність шнека можна розглядати як зміну величини рушійної сили транспортованого матеріалу. Фізична сутність процесу переміщення частинки зернової суміші по спіралі вздовж осі шнека (спіралі) описує взаємозв'язок кута підйому спіралі та сили опору руху твердої частинки. Зі схеми сил (рис. 2.3) випливає, що сила тертя зернинки про кожухи тр.к. F є силою, яка сприяє переміщенню частки матеріалу по спіралі. Силою, що перешкоджає переміщенню частинки металевої стружки, є сила тертя про

шнек тр . F , а також $G \times \sin W$ - складова сили ваги частинки зернової сировини

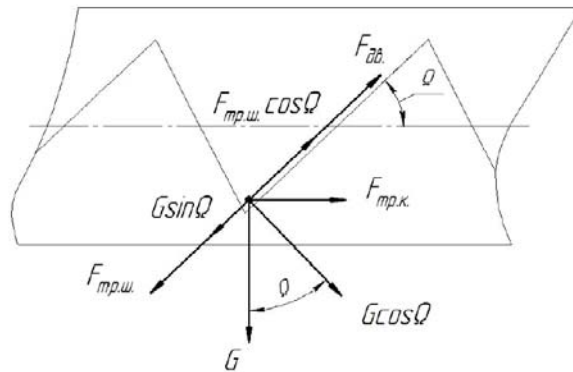


Рисунок 4.3 – Сили, що діють на зерно ячменю у вздовж осі шнека

Сила, що піднімає та рушає частину матеріалу по спіралі, може бути виражена як різниця між першою силою та сумою двох інших:

$$F_{\text{дв}} = m \cdot \left(\omega_{ш}^2 \cdot R \cdot \cos \Omega \cdot f_k - g \cdot (\sin \Omega + \cos \Omega \cdot f_{ш}) \right)$$

де m - маса твердої частинки;

$\omega_{ш}$ – кутова швидкість шнека;

R – радіус шнека;

Ω – кут підйому спіралі шнека;

f_k – коефіцієнт тертя матеріалу по комірковому циліндру;

g - прискорення вільного падіння;

$f_{ш}$ - коефіцієнт тертя матеріалу по шнеку.

При встановленні додаткових лопаток на стрічці шнека, можна розглянути сили, що діють на зернинку у іншій площині.

Розглянувши їх разом із силами, які діють у горизонтальній площині, можна зробити висновок, що їх дія залежить від кута атаки додаткової лопатки та кута початку руху.

Врахувавши дію на частинку сил в горизонтальній і вертикальній площинах можна отримати рівняння підіймально-рушійної сили у виді:

$$F_{\partial\beta} = -Nf_{mp} + m \cdot \left[\omega_{uu}^2 \cdot R \cdot (\cos \Omega \cdot f_k - \cos(90 - \alpha)) - g \cdot (\sin \Omega + \cos \Omega \cdot f_{uu} - \cos(\alpha + \beta)) \right] \quad (4.3)$$

Аналіз наведених вище рівнянь показує, що на значення підіймально-рушійної сили впливають кут атаки і кут початку руху частинки. Інтенсивність підіймально-рушійної сили залежить від кута нахилу шнека.

За рівнянням 4.3 можна отримати залежність підіймально-рушійної сили від кута нахилу шнека, представлену на рис. 4.4.

Залежність підіймально-рушійної сили від кута атаки лопаток (рис. 4.5 дозволяє вибрати необхідний кут атаки при встановленні лопаток на шнек і отримати бажаний результат.)

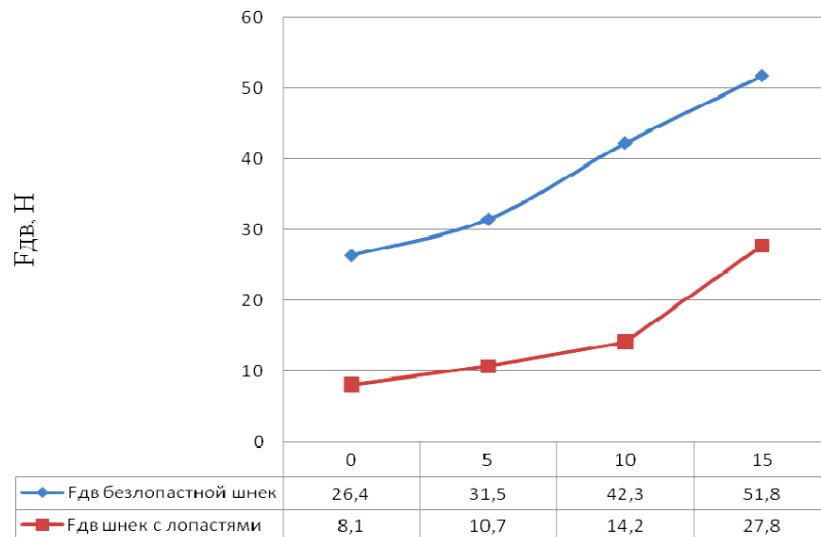


Рисунок 4.4. – Залежність підіймально-рушійної сили від кута нахилу шнека

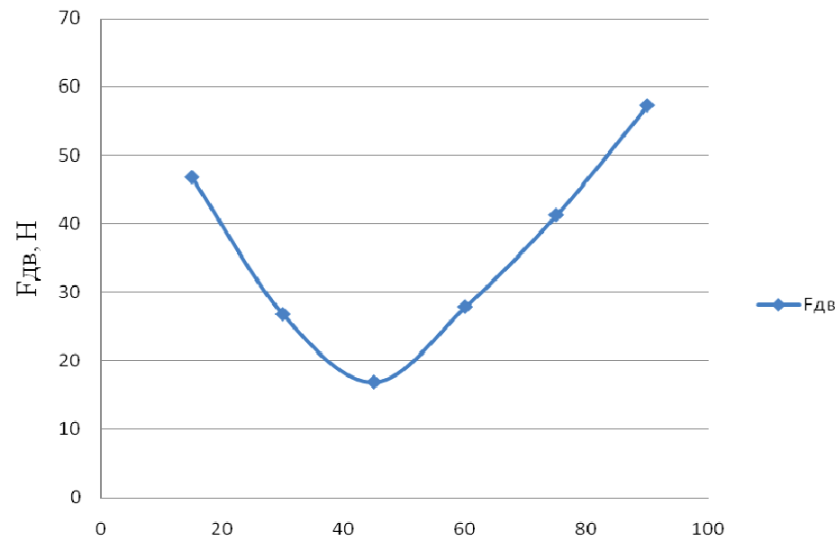


Рисунок 4.5.– Залежність піднімально-рушійної сили від кута нахилу шнека

4. 4. 3D-моделивання шнека вузла ударного валка трієра UTR 401/4

Дослідження шнека вузла ультратрієрної установки UTR 401/4 під дією навантаження виконувалося за допомогою програмного комплексу Solidworks.

Результати дослідження представлені нижче.

Спочатку зробили необхідний опис деталі.



Описание

Данные отсутствуют

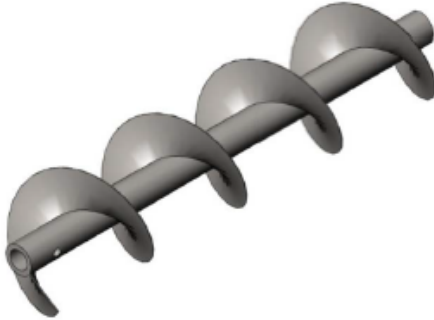

Симуляция Деталь 1

Date: 23 декабря 2022 г.
 Создатель: Solidworks
 Имя исследования: Статический 1
 Тип анализа: Статический

Содержание

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| Описание | 1 |
| Допущения | 2 |
| Информация о модели | 2 |
| Свойства исследования | 3 |
| Единицы | 3 |
| Свойства материала..... | 4 |
| Нагрузки и крепления | 4 |
| Определения соединителей | Ошибка! Закладка |
| Данные контакта | Ошибка! Закладка не опреде |
| Информация о сетке | 5 |
| Данные датчиков | 6 |
| Результирующие силы..... | 6 |
| Балки..... | 6 |
| Результаты исследования..... | 7 |
| Вывод | 9 |

Информация о модели

|  <p>Имя модели: Деталь1 Активная конфигурация: По умолчанию</p> | | | |
|---|---------------------|---|-------------------------------|
| Твердые тела | | | |
| Имя и ссылки документа | Рассматривается как | Объемные свойства | Путь документа/Дата изменения |
| Вырез-Вытянуть4  | Твердое тело | Масса: 1,74592 kg Объем: 0,000220943 m ³ Плотность: 7 902,14 kg/m ³ Масса: 17,11 N | |

Свойства исследования


| | |
|--|---|
| Имя исследования | Статический 1 |
| Тип анализа | Статический |
| Тип сетки | Сетка на твердом теле |
| Тепловой эффект: | Вкл |
| Термический параметр | Включить тепловые нагрузки |
| Температура при нулевом напряжении | 298 Kelvin |
| Включить эффекты давления жидкости из SOLIDWORKSFlowSimulation | Выкл |
| Тип решающей программы | FFEPlus |
| Влияние нагрузок на собственные частоты: | Выкл |
| Мягкая пружина: | Выкл |
| Инерционная разгрузка: | Выкл |
| Несовместимые параметры связи | Авто |
| Большие перемещения | Выкл |
| Вычислить силы свободных тел | Вкл |
| Трение | Выкл |
| Использовать адаптивный метод: | Выкл |
| Папка результатов | Документ SOLIDWORKS (c:\users\klient\appdata\local\temp) |

Единицы

| | |
|---------------------------|------------------|
| Система единиц измерения: | СИ (MKS) |
| Длина/Перемещение | mm |
| Температура | Kelvin |
| Угловая скорость | Рад/сек |
| Давление/Напряжение | N/m ² |


Вибрали властивості матеріала та його характеристики

Свойства материала

| Ссылка на модель | Свойства | Компоненты |
|--|--|--|
|  | <p>Имя: AISI 1020 Тип модели: Линейный Упругий Изотропный Критерий прочности по умолчанию: Неизвестно Предел текучести: 3,51571e+08 N/m² Предел прочности при растяжении: 4,20507e+08 N/m² Модуль упругости: 2e+11 N/m² Коэффициент Пуассона: 0,29 Массовая плотность: 7 900 kg/m³ Модуль сдвига: 7,7e+10 N/m² Коэффициент теплового расширения: 1,5e-05 /Kelvin</p> | Твердое тело 1(Вырез-Вытянуть4)(Деталь1) |
| Данные кривой: N/A | | |

Задали навантаження

Нагрузки и крепления

| Имя крепления | Изображение крепления | Данные крепления | | |
|----------------------------|---|---|----------|----------------|
| Зафиксированный-1 |  | <p>Объекты: 3 грани Тип: Зафиксированная геометрия</p> | | |
| Результирующие силы | | | | |
| Компоненты | X | Y | Z | Результирующая |
| Сила реакции(N) | 5,27985 | 0,803097 | -186,847 | 186,924 |
| Реактивный момент(N.m) | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Имя нагрузки | Загрузить изображение | Загрузить данные |
|--------------|---|--|
| Сила-1 |  | Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормальную силу Значение: 210,95 N |

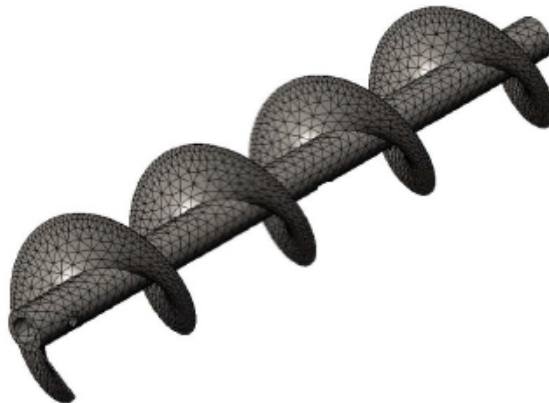
Информация о сетке

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Тип сетки | Сетка на твердом теле |
| Используемое разбиение: | Сетка на основе смешанной кривизны |
| Точки Якобиана | 4 Точки |
| Максимальный размер элемента | 7,99438 mm |
| Минимальный размер элемента | 2,66477 mm |
| Эпюра качества сетки | Высокая |

Информация о сетке - Детализация

| | |
|--|----------|
| Всего узлов | 25028 |
| Всего элементов | 11995 |
| Максимальное соотношение сторон | 15,418 |
| % элементов с соотношением сторон < 3 | 36,7 |
| % элементов с соотношением сторон > 10 | 1,1 |
| % искаженных элементов (Якобиан) | 0 |
| Время для завершения сетки (hh:mm:ss): | 00:00:07 |
| Имя компьютера: | DELL |

Имя модели: Деталь
Название исследования: Исследование 1 (По умолчанию)
Тип сетки: Сетка на твердом теле



Результирующие силы

Силы реакции

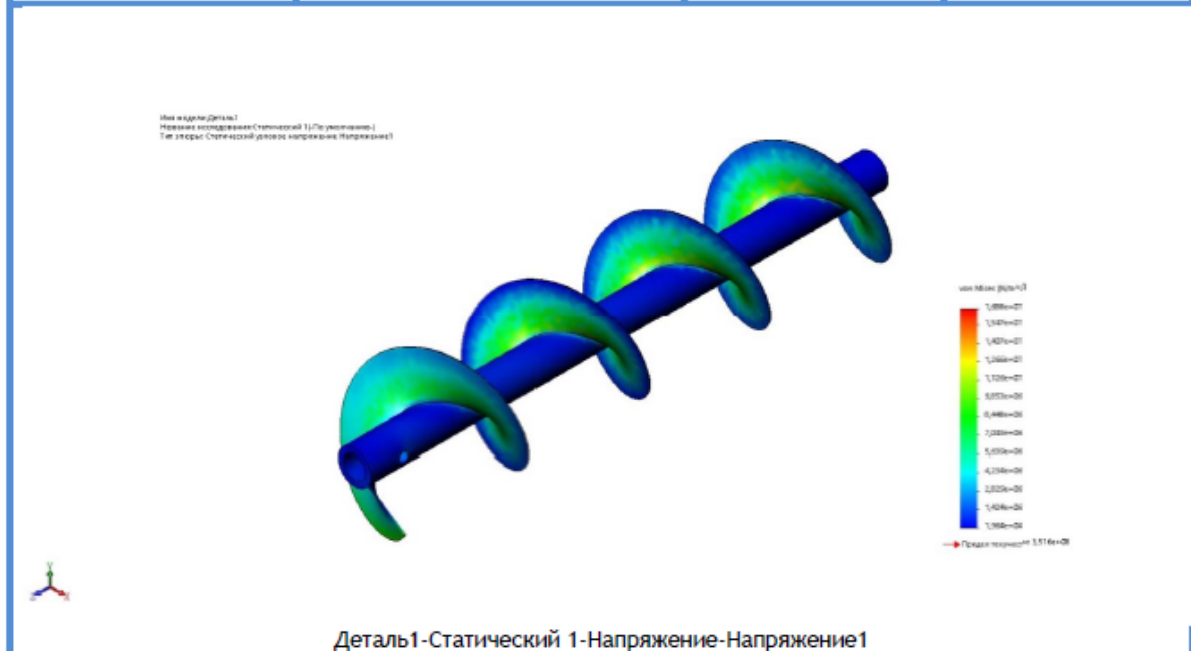
| Выбранный набор | Единицы | Сумма X | Сумма Y | Сумма Z | Результирующая |
|-----------------|---------|---------|----------|----------|----------------|
| всей модели | N | 5,27985 | 0,803097 | -186,847 | 186,924 |

Моменты реакции

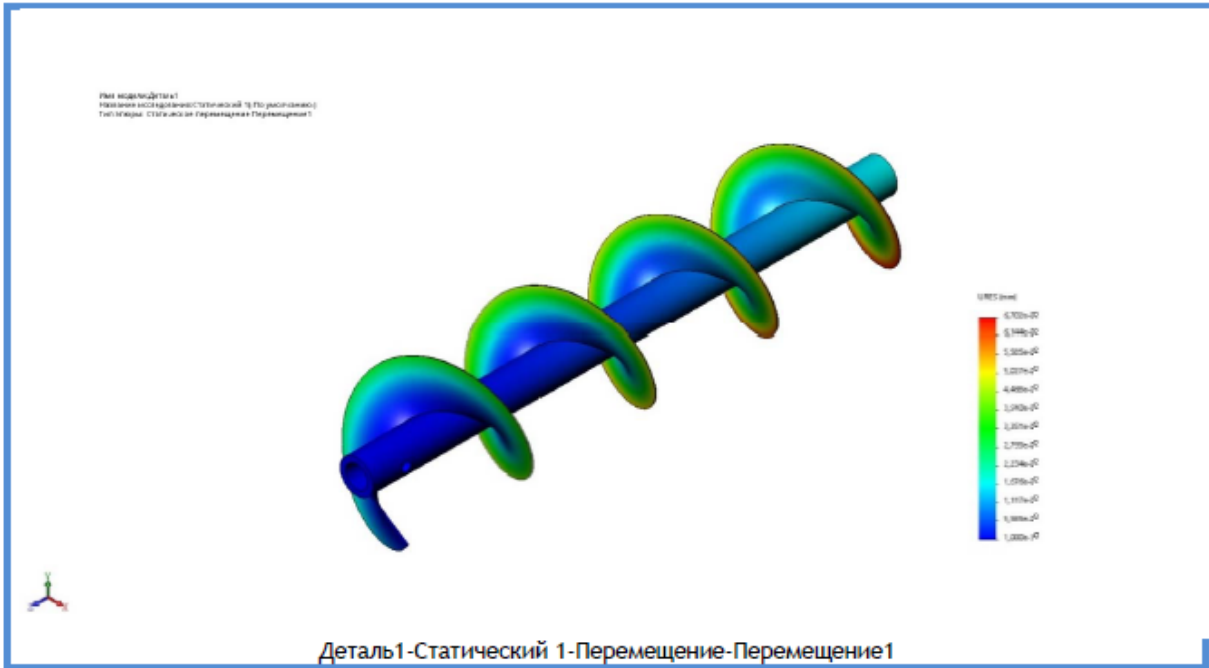
| Выбранный набор | Единицы | Сумма X | Сумма Y | Сумма Z | Результирующая |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| всей модели | N.m | 0 | 0 | 0 | 0 |

Результаты исследования

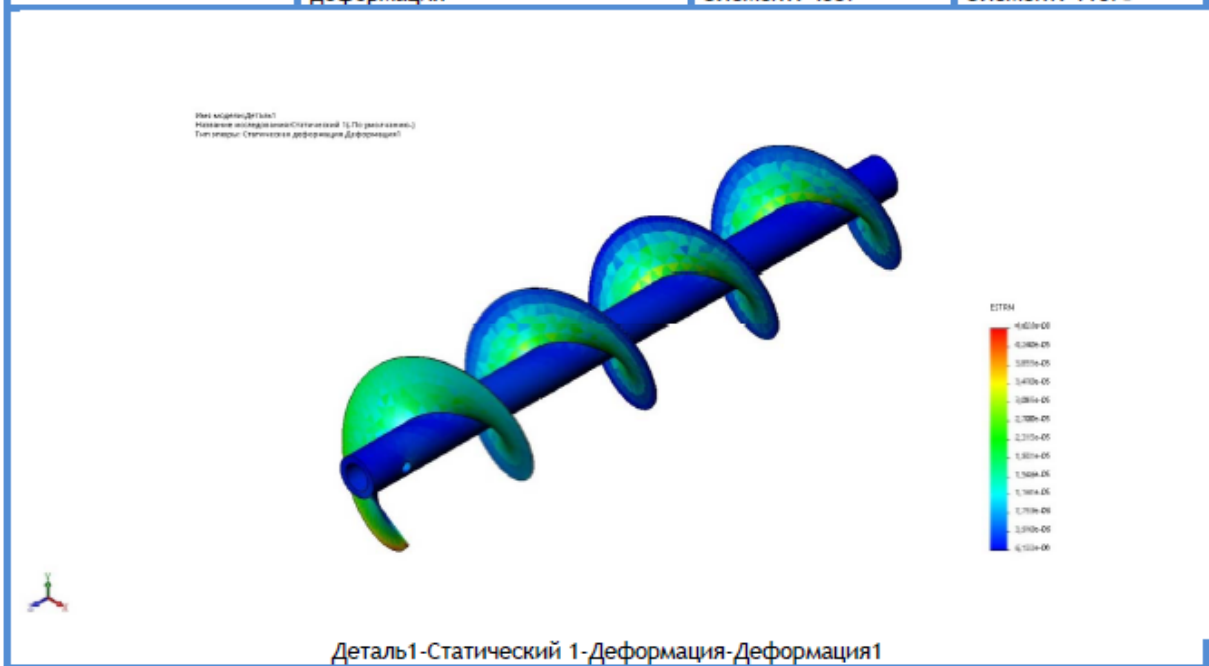
| Имя | Тип | Мин | Макс |
|-------------|---------------------------|---|--|
| Напряжение1 | VON: Напряжение Von Mises | 1,964e+04 N/m ² Узел: 20511 | 1,688e+07 N/m ² Узел: 31 |



| Имя | Тип | Мин | Макс |
|--------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Перемещение1 | URES: Результирующее перемещение | 0,000e+00 mm Узел: 1 | 6,702e-02 mm Узел: 769 |



| Имя | Тип | Мин | Макс |
|-------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Деформация1 | ESTRN: Эквивалентная деформация | 6,133e-08 Элемент: 4537 | 4,625e-05 Элемент: 11670 |



Проаналізувавши отримані результати, можемо зробити висновок, що вибрані розміри і матеріал деталі повністю забезпечують вимоги по міцності даної деталі.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Заходи з охорони праці

5.1.1. Загальні вимоги з охорони праці на пивоварних підприємствах

На підприємствах по виробництву пива слід суворо дотримуватися загальних та галузевих норм та правил техніки безпеки, зокрема НПАОП 15.9-1.13-97 «Правила безпеки при виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв»

Ці правила поширюються на всіх працівників, які виконують роботи щодо проектування, виготовлення, реконструкції, монтажу, налагоджування, ремонту, технічного діагностування та експлуатації підприємств, господарств, установ та організацій, у тому числі науково-виробничих об'єднань, проектних та науково-дослідних інститутів, спеціальних конструкторських бюро та лабораторій, що виробляють солод, пиво, безалкогольні напої, квас, соки, екстракти сухих напоїв, хмельовий екстракт, зріджений двоокис вуглецю, незалежно від форм власності і господарської діяльності.

Відступ від вимог НПАОП 15.9-1.13-97 «Правила безпеки при виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв» при проектуванні, будівництві, монтажу, реконструкції, технічному переоснащенні не допускається.

Машини, механізми, устаткування, транспортні засоби і технологічні процеси, що впроваджуються у виробництво і в стандартах, на які є вимоги щодо забезпечення безпеки праці, життя і здоров'я людей, повинні мати сертифікати, що засвідчують безпеку їх використання, видані у встановленому порядку.

Не дозволяється застосування у виробництві шкідливих речовин, на які не розроблені гранично допустимі нормативи (концентрації), методика,

засоби метрологічного контролю і які не пройшли токсикологічну експертизу.

У разі надходження на підприємство нових небезпечних речовин або наявності такої кількості небезпечних речовин, яка вимагає вжиття додаткових заходів безпеки, власник зобов'язаний завчасно повідомити про це органи державного нагляду, розробити і узгодити з ними заходи щодо захисту здоров'я та життя працівників, населення та охорони навколишнього природного середовища.

Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень підприємств повинні відповідати вимогам, викладеним у додатках 1,2 та 11 НПАОП 15.9-1.13-97 «Правила безпеки при виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв».

Рівні шуму і вібрації на постійних робочих місцях не повинні перевищувати гранично-допустимих значень за ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.012-90.

Захист будівель і споруд від блискавки повинен виконуватись згідно з вимогами інструкції РД 34.21.122-87.

Власник створює на підприємстві службу охорони праці згідно з Типовим положенням. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства і прирівнюється до основних виробничо-технічних служб.

Організація роботи з охорони праці на підприємстві, права та обов'язки посадових осіб та працівників повинні бути викладені у нормативних актах, розроблених згідно з Порядком опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві.

5.1.2. Вимоги безпеки при монтажі та ремонті технологічного устаткування пивзаводів

1. Будова, монтаж, обслуговування та експлуатація устаткування повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.032-78, ГОСТ 12.2.033-78, ГОСТ 12.2.062-81, ГОСТ 12.2.124-90.

2. Будова, виготовлення, монтаж, приймання, експлуатація, ремонт посудин та апаратів, які працюють під тиском понад 0.07 МПа, повинні відповідати вимогам Правил будови та безпечної експлуатації посудин, які працюють під тиском. Будова, виготовлення, монтаж, приймання, експлуатація, ремонт котельних установок повинні відповідати вимогам Правил будови та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів.

3. Компресорне устаткування повинне відповідати вимогам ГОСТ 12.2.016-81 та Правил будови та безпечної експлуатації стаціонарних компресорних установок, повітроводів та газопроводів.

4. Холодильні установки повинні відповідати вимогам Правил будови та безпечної експлуатації аміачних холодильних установок.

5. Конвеєри повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.022-80.

6. Заточувальні та шліфувальні верстати, їх будова та експлуатація повинні відповідати ГОСТ 12.2.009-80, ГОСТ 12.3.028-82.

7. Будова, встановлення та експлуатація кранів усіх типів, грузових електричних візків, ручних та електричних талів, лебідок, змінних вантажозахватних механізмів та пристроїв повинні відповідати Правилам будови та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.

8. Ліфти, скіпові та ліфтові підйомники повинні відповідати вимогам Правил будови та безпечної експлуатації ліфтів.

9. Деревообробне устаткування повинне відповідати вимогам ГОСТ 12.2.026.0-93.

10. Вимоги та заходи безпеки, що визначаються особливостями будови та умовами роботи машин та устаткування, систем та елементів конструкції, а також концентрації парів, аерозолей та інших шкідливих речовин, що виділяються, рівні шуму, вібрації у числовому виразі повинні вказуватись у стандарті, технічних умовах на машину, устаткування у розділі "Вимоги безпеки". В експлуатаційній документації апаратів та машин, що працюють з виділенням шкідливих газів, парів, пилю та що мають відсмоктувачі безпосередньо в конструкції, повинні міститись вказівки щодо необхідного об'єму повітря, що відсмоктується від них.

11. Устаткування повинне мати паспорти та інвентарні номери. За відсутності паспорта заводу-виготовлювача він складається підприємством-власником. Допускається складання одного паспорта на групу однотипового устаткування з вкладками для кожної одиниці. Відповідно з інвентарними номерами устаткування заноситься до спеціальних журналів обліку та періодичних оглядів. Устаткування, що виготовляється в майстернях харчових підприємств, повинне відповідати вимогам ГОСТів, НПАОП 15.9-1.13-97 «Правила безпеки при виробництві солоду, пива та безалкогольних напоїв» та іншої нормативної документації з безпеки праці. Технічна документація на його виготовлення має бути узгоджена з місцевим органом Держнаглядохоронпраці, затверджена власником підприємства і зберігатися в архіві підприємства на весь час експлуатації.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Організація цивільного захисту на підприємстві харчової та переробної промисловості

Згідно Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012р. громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха. Держава як гарант цього права створює систему цивільного захисту, яка повинна захистити населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру. Цивільний захист України є державною системою органів управління силами і засобами, що створюються для організації забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС).

Метою цивільного захисту на підприємствах харчової та переробної промисловості є забезпечення захисту виробничого персоналу, його сімей в надзвичайних ситуаціях і створення умов для своєчасного та якісного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на відповідному об'єкті для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Цивільний захист на підприємстві харчової та переробної промисловості як правило очолює його керівник. Він відповідає за захист виробничого персоналу, постійну готовність органів управління, відповідних сил і засобів для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

На великих об'єктах начальник цивільного захисту призначає заступників: з евакуації, інженерно-технічної частини і матеріально-технічного забезпечення. При цьому заступники виконують свої обов'язки на громадських засадах.

Посада начальника штабу цивільного захисту передбачається штатним розкладом об'єкта. Начальник штабу є першим заступником начальника

цивільного захисту об'єкта і має право за його ім'ям віддавати накази та розпорядження з цивільного захисту. Він є безпосереднім організатором управління цивільним захистом і сповіщення про загрозу або факт надзвичайної ситуації, розвідки, дозиметричного і хімічного контролю, веде поточне та перспективне планування, підготовку формувань і виробничого персоналу з цивільного захисту та контроль за виконанням всіх заходів з цивільного захисту.

Для ефективного і якісного виконання завдань цивільного захисту на об'єкті економіки рішенням начальника створюються відповідні служби. Служба оповіщення і зв'язку створюється на базі вузла зв'язку підприємства. Вона має своєчасно сповістити виробничий персонал підприємства про загрозу або факт виникнення надзвичайної ситуації.

Служба охорони громадського порядку створюється на базі підрозділів відомчої охорони. Вона повинна забезпечувати охорону об'єкта, підтримувати громадський порядок на об'єкті під час надзвичайної ситуації, а також забезпечити режим світломаскування.

Служба сховищ та укриттів створюється на базах відділів капітального будівництва і житлового-комунального. Вона повинна забезпечувати готовність захисних споруд, контролювати експлуатацію сховищ, укриттів, брати участь у розробці планів розміщення виробничого персоналу в захисних спорудах, а також в організації будівництва захисних споруд.

Служба радіаційного і хімічного захисту створюється на базі відповідних лабораторій підприємства.

Аварійно-технічна служба створюється на базі виробничого відділу (головного механіка). Служба розробляє та здійснює заходи для підвищення стійкості об'єкта при його функціонуванні в умовах надзвичайних ситуацій, а також ліквідує наслідки аварій у надзвичайних ситуаціях.

Медична служба створюється на базі медичних пунктів (санітарних частин, поліклінік) і виконує заходи медичного захисту на підприємстві, а саме: підтримує в постійній готовності до застосування за призначенням

медичні формування, здійснює санітарно-гігієнічні і профілактичні заходи; надає медичну допомогу потерпілим, здійснює контроль за забрудненням радіонуклідами, небезпечними хімічними речовинами сировини і готової продукції, води та інших предметів.

Транспортна служба створюється на базі транспортних цехів, гаражів об'єкта. Вона розробляє і здійснює заходи стосовно перевезення людей, вантажу в надзвичайних ситуаціях.

Протипожежна служба створюється на базі підрозділу пожежної охорони. Вона розробляє протипожежні заходи, веде контроль за їх виконанням, локалізує та гасить пожежі, надає допомогу службі РХБ захисту під час дезактивації та дегазації ділянок місцевості та матеріальних засобів.

Служба енергопостачання і світломаскування створюється на базі відділу головного енергетика. Вона розробляє заходи, що спрямовані на безперервне постачання об'єкту газом, паливом, електроенергією, веде невідкладні роботи на енергетичних мережах, планує заходи з світломаскування.

Служба матеріально-технічного забезпечення створюється на базі відділу матеріально-технічного забезпечення об'єкта. Вона розробляє плани матеріально-технічного забезпечення об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій, забезпечує своєчасне постачання необхідного майна, засобів захисту, організує та здійснює своєчасний ремонт пошкодженого обладнання та інших матеріальних засобів, забезпечує виробничий персонал продуктами харчування.

Формування загального призначення - це зведені загони, команди, групи, які призначені для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках ураження та районах стихійного лиха.

Як варіант можна розглядати приблизний склад формування загального призначення в наступному вигляді:

Командир загону;

Заступник командира загону;

Ланка управління і розвідки 1 до 4 чоловік;

1-2 рятувальних групи до 25 чоловік кожна;

Група знезараження до 25 чоловік;

Група механізації (аварійно-технічна) до 15 чоловік;

Медичний пункт до 12 чоловік.

Всього в такому загоні може бути до 110 чоловік особового складу, поливо-миючих машин - 4, бульдозерів - 1, екскаваторів - 1, автокранів - 1, санітарних автомобілів 1 - 1, вантажних автомобілів - 5, зварювальних агрегатів - 5.

Орієнтовні можливості виконання обсягу роботи за 10 годин:

Дезактивація ділянок місцевості з твердим покриттям шириною 6 метрів (норма витрати розчину 3 л/м²;

Дезактивація транспорту - до 200 одиниць;

Локалізація осередків від СДОР - до 2;

Евакуація потерпілих - до 200 чоловік.;

Відкриття завалених сховищ - 3-5.

Формування служб призначені також для виконання рятувальних та інших невідкладних робіт і забезпечення дій формувань загального призначення, а саме проведення розвідки, надання медичної допомоги, локалізація та гасіння пожеж, охорона громадського порядку. Вони складаються з загонів, команд, груп, дружин, ланок, постів. Комплектування формувань на об'єкті ведеться за виробничим принципом: у цехах, відділах, бригадах.

5.2.2. Захист продукції на підприємствах пиво-безалкогольної промисловості

Для захисту від зараження РР, НХР, БЧ на підприємствах пиво-безалкогольної промисловості завчасно проводиться ремонт виробничих і складських приміщень, визначаються і, відповідним чином, обладнуються водо джерела, призначені для використання у надзвичайній ситуації.

На підприємствах, де неможливо здійснити герметизацію складських та інших приміщень, потрібно передбачити накривання харчової сировини захисними матеріалами: брезентом, прогумованою тканиною, поліетиленовими плівками високої цупкості товщиною не менше 0,15 мм або іншими підручними засобами.

Захист допоміжних матеріалів здійснюється зберіганням їх у сухих чистих приміщеннях, які щільно зачиняються. Такими допоміжними матеріалами є: фільтрувальні матеріали - кізельгур, перліт, фільтр маса, картон фільтруючий, марля, бязь, фланель; матеріали для приготування клею (декстрин), кронен-корки, етикетки; рукави напірні, всмоктувальні та гумо тканинні.

Для захисту від РР, ОР і БЧ фільтрувальні матеріали потрібно зберігати у складських приміщеннях. Кізельгур отримують і зберігають в тканинних мішках, оброблених нітролаком або у багатошарових паперових мішках, перліт — у поліетиленових мішках.

Надійний захист від РР і БЧ забезпечує пакування фільтрувальної маси у вигляді опресованих квадратних пластин по 50 шт. в тюки, загорнуті в кілька шарів паперу і обшиті мішковиною.

Зберігання у негерметичних приміщеннях складів таких фільтрувальних матеріалів, як марля, бязь, фланель в обшитих тканиною тюках, забезпечує захист від РР. Для захисту від ОР і БЧ необхідно передбачити додаткове їх укриття полімерною плівкою, брезентом або крафт-папером.

Кронен-корок застосовують для закупорювання пляшок з пивом, безалкогольними напоями і мінеральною водою. Зберігають її в чистих, сухих складських приміщеннях у закритих фанерних ящиках або у багатошарових крафт-мішках. Фанерні ящики не забезпечують повного захисту, тому до них необхідно заготовляти тенти брезентові або з полімерної плівки. Надійним захистом від РР і БЧ є багатошарові крафт-мішки. Вони значно знижують проникнення парів.

Етикетки необхідно зберігати в закритих приміщеннях за певних умов повітряного середовища ($T = 16...18 \text{ }^{\circ}\text{C}$) та вологості повітря 60...65 %. Зберігати етикетки необхідно на полицях-стелажах. Кожна партія етикеток повинна бути з биркою, на якій вказують найменування, якість, дату надходження партії на склад. Складати їх потрібно у стопки заввишки не більше 0,5 м і запаковувати в кілька листів крафт-паперу.

Для захисту місцевих джерел водопостачання від зараження РР і ОР, БЧ необхідно провести ряд заходів, а саме: відновити всі недіючі водозбірні споруди, які можуть служити резервними джерелами подачі; води артезіанські свердловини обладнати насосами. Якщо для відкачування води використовують ерліфти, їх слід оснастити допоміжними пристроями (фільтрами) для ретельної очистки повітря, щоб не допустити проникнення БЧ, РР, ОР в артезіанські отвори.

На пивзаводах накриванню захисними тентами підлягає таке технологічне обладнання:

солодовий цех: автоматичні ваги "Хронос", зерновий сепаратор, трієр для очистки ячменю, ростковідбивна машина, стрічкові та скребкові транспортери;

варильний цех: бункери для солоду, сусло варильні, фільтраційні чани, баки з гарячою водою, розподільчі батареї для сусла ;

відстійне відділення: відстійні чани, зрошувальні холодильники;

бродильне відділення: дріжджові ванни, відкриті бродильні танки;

фільтрувальне відділення: сепаратори, фільтри;

цех розливу: розливні, укупорювальні, бракеражні, етикетувальні автомати, ізобарометричний апарат для розливу пива, діжка-мийна машина;

ділянка приймання посуду і тари: пляшки, діжки, ящики по можливості зберігають у закритому приміщенні або накривають брезентом. Діжки закривають шпунтом і зберігають шпунтом вниз. Влітку цистерни заливають водою, а взимку - накривають брезентом (кран і кришку).

У складах насипи зерна, штабелі з зерно продуктами й іншими сипкими продуктами, які зберігаються в тканинних мішках, накривають брезентом чи поліетиленовою плівкою. При цьому поверхні насипів ячменю, солоду мають бути добре вирівняні для зменшення площі можливого зараження і полегшення операції накривання, обслідування, дезактивації та дезінфекції. У складах, які завантажені неповністю, а також при зберіганні на складах окремих невеликих партій ячменю та солоду, кожна з них обмежується щитами. Штабелі сипких продуктів (ячменю, солоду, цукру, хмелю) у складських приміщеннях розміщують на підтоварниках, накритих підстилкою з брезенту чи другого цупкого матеріалу, і закривають захисним покривалом.

Установлюють суворий контрольно-пропускний режим. Посилують охорону складів і водо джерел. Здійснюють поповнення запасів мийних і знезаражувальних речовин, а також приводять у готовність дегазаційні майданчики, камери, обмивальні пункти, санпропускник. Виробничі лабораторії приводять у повну готовність до роботи в умовах надзвичайної ситуації.

Світлові ліхтарі у зерноскладах потрібно розібрати і отвори закласти. Всі витяжні шахти зерноскладів, які виходять на дах, треба ущільнити заздалегідь зшитими чохлами з брезенту. Ці чохла з лицевої сторони покривають водонепроникним шаром фарби.

У зерноскладах, обладнаних активною вентиляцією, на всіх отворах вентиляційних каналів установлюють герметичні клапани, засувки, шибери, а зверху - кришки з захисними засувками.

У галереях і тунелях, які з'єднують зерносклади, з іншими спорудами, встановлюють перегородки, які відділяють приміщення зерноскладів від цих споруд або від навколишнього середовища .

Під час зберігання зернової сировини в елеваторах або бункерах, підсилені приміщення ущільнюють. Віконні прорізи закладають шлакоблоками. Нещільність з'єднаних галерей між силосними корпусами і робочою баштою закривають гофрованими завісами з прогумованого брезенту з притискними клапанами по контуру.

Всі завантажувальні люки і вентиляційні отвори силосів обладнують герметичними кришками з гумовою ущільнювальною прокладкою. На вхідних отворах конусної частини силосів установлюють герметичні клапани.

Робочі башти обладнують ліфтами, а існуючі ліфти ремонтують. Машинне відділення ліфтів надійно герметизують.

Автогужові і залізничні приймальні пристрої для зерна захищають методом підгонки воріт і приймальних отворів бункерів.

Для заводів, які мають залізничні шляхи, пристанційні бази, ячмінь і солод рекомендується транспортувати безтарним способом.

Підвищують надійність захисту транспортних засобів методом ущільнення прогумованими прокладками вагонів, ізотермічних автомашин, автопивовозів.

Повітрозабірні жалюзні отвори солодосушарок захищають шторами із прогумованого брезенту або щільними віконницями.

Отвори повітрозмішувальних камер сушарок перекривають герметичними клапанами. Всі повітровивідні шахти закривають клапанами або брезентовими чохлами.

Всі віконні прорізи коридорів і лицеві двері солодосушарок закривають склоблоками і віконницями.

За сигналами ЦЗ припиняється робота на всіх виробничих ділянках і особовий склад заводу, вільний від виконання спеціальних робіт, укривається у сховищах.

Робітники та службовці, призначені на спеціальні роботи, діють за передчасно розробленими інструкціями. Для захисту сировини від зараження приводять в дію всі пристрої в складських та інших виробничих приміщеннях, які забезпечують надійний захист, закривають захисними матеріалами відкриті ділянки.

Відкачування води із артезіанських свердловин, особливо з ерліфтовим обладнанням, припиняється. Водонапірні башти і заводські резервуари, заповнені водою, закривають щільними кришками або накривним матеріалом, і доступ до цих запасів води суворо обмежується. Після виконання передбачених конкретними інструкціями робіт призначені для їх проведення особи укриваються у сховищах і перебувають там до сигналу "Відбій небезпеки" або одержання спеціального дозволу на вихід із сховища.

Після сигналу "Відбій небезпеки" підприємство, яке не заражене, не зруйноване, продовжує свою роботу в звичайному режимі. Дозвіл на відновлення роботи підприємством дає начальник штабу ЦЗ району (міста).

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідження процесу очищення зерна ячменю, який поєднує в собі декілька різних механічних процесів і залежить від багатьох параметрів. Під час знаходження в трієрі зернова сировина просувається вздовж коміркового циліндра і через конструктивні особливості вузла ударного валка трієра, може відбуватися погіршення якості обробки. Провівши дослідження процесу очищення зерна ячменю та встановлення факторів які впливають на процес, були запропоновані заходи з модернізації вузла ударного валка, а саме запропоновано змінити конструкцію ударного валка на шнек з рівномірно розміщеними лопатками. Проведенні технологічні, інженерні розрахунки, розроблена 3D-модель і перевірена під навантаженням показали, що прийняті рішення забезпечуть вимоги з міцності. Запропоновані заходи з модернізації дозволять покращити якість обробки ячменю в трієрі UTR 401/4, зменшать енерговитрати на процес.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зернова промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. Т. П. Фесун] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2020. 209 с.
2. Закалов О.В./ Закалов О.В. Обладнання переробних та харчових підприємств. Тернопіль, 2001.
3. Вольфган Кунце Технология солода и пива. Перевод с немецкого/ Вольфган Кунце С.-П.: Профессия, 2001. 911с.
4. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого– Вінниця: Нова книга, 2001р. 576с.
5. Ермолаева Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. 416с.
6. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин. / Чернавский С.А. – М.: Машиностроение, 1987. 416с.
7. Тихомиров В.Г. Технология пивовареного и безалкогольного производств / В.Г. Тихомиров. М.: Колос, 1998. 448с.
8. Ковалевский К.А. Технология бродильных производств. / Ковалевский К.А. – К.: Фирма «Инкос», 2004. 340с.
9. Часов Д. П. Обоснование параметров шнекового конвейера с дополнительными лопастями для транспортирования стружки. Дис. канд. техн. наук. 05.05.05 - подъемно-транспортные машины, ДГТУ, Днепродзержинск, 2015. 160с.
10. Dennis E. Briggs. Brewing Science and practice/ Dennis E. Briggs, Chris A. Boulton, Peter A. - Brookes and Roger Stevens Published in North America by CRC Press LLC, 2000 Corporate Blvd, NW Boca Raton FL 33431, USA 863с.

11. Brewing New technologies / Edited by C. W. Bamforth – First published 2006, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC в 2006, Woodhead Publishing Limited 501с.
12. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / Анурьев В.И., Т. 1. М.: Машиностроение, 1979. 728с.
13. Проектирование механических передач. / Под ред. С. А. Чернавского М.: Машиностроение, 1984. 558с.
14. Кривопляс-Володіна Л.О. Проектування важільного механізму при послідовному з'єднанні з зубчастим мультиплікатором [Текст]/ Кривопляс-Володіна Л.О. // Харчова промисловість №7, 2008. С. 82-85.
15. Габидулин В. М. Трёхмерное моделирование в AutoCAD 2012. [Текст] / Габидулин В. М., М.: ДМК Пресс, 2011. – 240с.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник
тез доповідей**

**XI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів
7-8 грудня 2022 року**



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2022**

УДК 664

О. О. Савчук, М. І. Полевий, Н.М. Зварич, кт.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

O. O. Savchuk, M. I Polevyyi, N. M. Zvarych, Ph.D., Assoc. Prof.

FEATURES OF THE INTENSIFICATION OF FOOD PRODUCTION PROCESSES

Сфера виробництва продуктів харчування сьогодні є найбільш динамічним сектором економіки багатьох країн, що зазнає активних та різнобічних змін. Інтенсивне зростання цієї сфери зумовлено як особливостями сучасного етапу розвитку суспільства, так і досить стійкими, однак суттєво диференційованими потребами споживачів, і знаходить відображення в щораз активнішому впровадженні у виробництво продуктів харчування новітніх технологій і процесів, які в сукупності є основою для подальшого інноваційного розвитку сфери виробництва продуктів харчування. Ознакою інновації є вимога, щоб продукт, процес, метод тощо був для підприємства новим або значно вдосконаленим. До інновацій належать продукти, процеси і методи, які підприємство створило першим, або продукти, процеси, запозичені від інших підприємств чи організацій. Також ознакою інновації є те, що продукт, процес, метод маркетингу або організації повинен бути впроваджений. Розрізняють чотири типи інновацій: продуктові, процесні, маркетингові та організаційні [1].

Продуктова інновація передбачає впровадження товару або послуги, що є новими або значно покращеними за своїми властивостями чи способами використання. У продуктових інноваціях можуть використовуватися нові знання чи технології або вони можуть ґрунтуватися на нових прийомах використання чи нових комбінаціях уже існуючих знань або технологій. Поняття продуктових інновацій містить у собі введення у вживання як нових товарів і послуг, так і здійснення значних удосконалень у функціональних або споживчих характеристиках уже наявних товарів і послуг.

Процесна інновація має на меті упровадження нового або значно покращеного способу виробництва чи постачання продукту. Сюди входять значні зміни в технології, виробничому устаткуванні і/ або програмному забезпеченні. Метою процесних інновацій є зниження собівартості виробництва або витрат з постачання продукції, підвищення її якості, виробництво чи постачання нових або значно поліпшених продуктів. Процесні інновації також включають нові або значно вдосконалені технічні прийоми і програмне забезпечення, що використовуються в допоміжних видах діяльності [1].

Тобто однією з складових сучасного інноваційного розвитку є інтенсифікація технологічних процесів виробництва харчових продуктів, яка передбачає отримання певного ефекту за рахунок збільшення продуктивності, к.к.д., зменшення енерго- і матеріалоємності обладнання, зменшення тривалості лімітуючих стадій, підвищення якості продукту, ергономічних, соціальних показників тощо. Відомо, що інтенсифікація може забезпечувати прискорення технологічного процесу при покращеній або погіршеній якості продукції або при незмінній якості. Часто виникає потреба в підвищенні якості продукту за умов зменшення енергоємності та тривалості технологічного процесу і, як наслідок, підвищення продуктивності. Існуючими методами інтенсифікації технологічних процесів, які класифікуються як режимно-технологічні та апаратно-конструктивні вирішити таку оптимізаційну задачу досить складно. Пояснюється це тим, що оптимальні технологічні параметри мають бути

забезпечені відповідними характеристиками обладнання, які не завжди є раціональними з точки зору енергоємності і матеріалоємності. Рішення задачі досягається спільним аналізом системи «обладнання – середовище», із врахуванням внутрішніх властивостей підсистем в загальній їх взаємодії. Тоді можна забезпечити дослідження і розрахунок загальної системи, що буде здійснювати технологічний процес із максимальним використанням енергії, що витрачається на обробку того чи іншого середовища і з забезпеченням якісних показників продукції. [2].

Виробництво харчових продуктів суттєво відрізняється від інших хіміко-технологічних виробництв. Найважливіша особливість харчових продуктів – нестійкість (лабільність) їхніх якісних показників, що не завжди дозволяє застосовувати в технологічному процесі обробки високі швидкість, тиск, температуру. Також характерним для харчових виробництв є використання сировини і напівфабрикатів складного складу. Як правило, це матеріали, які мають здатність швидко псуватися і вимагають особливі умови їхнього зберігання, потребують визначеного і надійного контролю якості, високого рівня керування технологічними лініями. Механізм складних процесів, властивих харчовій технології (фізичних, хімічних, біохімічних), вивчений недостатньо, немає і математичних описів багатьох явищ, що відбуваються при переробці сировини і напівфабрикатів. До готової продукції харчових виробництв пред'являються високі гігієнічні вимоги. Продукти повинні володіти високою харчовою цінністю при повній нешкідливості для здоров'я людини. Це також обумовлює специфіку проектування харчових підприємств, розробки технологічного обладнання, здійснення технологічних процесів. Також особливістю готових харчових продуктів є високий ступінь залежності їх від якості сировини.

Тому при проектуванні обладнання необхідно досліджувати форму і конструкцію як робочої ємкості так і робочих органів з точки зору уникнення застійних зон, легкого очищення, миття і дезінфекції обладнання. Також форма робочих ємкостей та робочих органів може вплинути на такі характеристики харчових процесів як наприклад площа контакту фаз, рівномірність розподілу концентраційних, температурних полів, утворення через тертя зон підвищених температур тощо. Також є високими вимоги до матеріалів деталей харчового обладнання, які контактують з харчовим продуктом при його обробці. Вони повинні бути не токсичними, інертними до продукту, не надавати йому будь-якого смаку, запаху кольору. При інтенсифікації процесів та розробці обладнання ця властивість також потребує уваги. Підвищенні температурні режими, тиски та швидкості можуть змінювати якість, харчову цінність, необхідну текстуру а органолептичні властивості харчових продуктів і призводити до небажаних наслідків.

Сучасні методи дослідження дозволяють при розгляді і моделюванні процесів харчових виробництв враховувати велику кількість параметрів і за необхідності оперативно змінювати їх щоб досягнути бажаних результатів. Тобто завдання інтенсифікації процесів харчових виробництв потрібно вирішувати комплексно, враховуючі всі вище наведені аспекти.

Література

1. Чорна Н. П. Інноваційний розвиток сфери виробництва продуктів харчування та ризики продовольчої безпеки / Н. П. Чорна. – Львів : Ліга-Прес, 2012. – 296 с.
2. Трач Д. А., Янош А. Я. Особливості інтенсифікації харчових виробництв // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018. – С. 131.

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року

| | | |
|---|--|-----|
| 27. | С.Б. Красіцька, М.Г. Тарасенко ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ | 102 |
| 28. | П.В. Білоус, В.П. Коваль ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕПЛА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА МІНІ-ТЕС | 105 |
| 29. | В.П. Волоський, А.М. Паламар, С.А. Лупенко МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ LI-ION АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ | 107 |
| 30. | В.В. Желізьківський МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ НА ПЕРЕМИКАННЯ В СИНХРОННОМУ ПОНИЖУВАЛЬНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ | 108 |
| СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ | | |
| 1. | Я.Ю. Хлявнюк, Т.О. Лісовська, О.І. Вічко РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ | 110 |
| 2. | М.Р. Леськів, Г.В. Карпик ОЦІНКА ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З <i>AEGORODIUM PODAGRARIA L.</i> | 111 |
| 3. | Л. Федак ЕФЕКТИВНІ МІКРООРГАНІЗМИ В ГАЛУЗІ БІОЦЕЛЮЛІЗУ | 112 |
| 4. | О.О. Савчук, М.І. Полевий, Н.М. Зварич ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ | 113 |
| 5. | В.Ю. Головач, В.Я. Ворошук ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКАНТОРА ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ КАЗЕІНУ | 115 |
| СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ | | |
| 1. | Т. Базан, Б. Млишко АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 116 |
| 2. | Т. Базан, Б. Млишко МЕТОДИ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 117 |
| СЕКЦІЯ: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ | | |
| 1. | Н. Завацький, Л. Романюк ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ | 118 |
| 2. | Л.В. Хвостівська, В.В. Казьмірів, А.В. Ремець ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ НА ФОНІ ЗАВАД | 119 |
| 3. | Н.Г. Гонгало, М.О. Хвостівський ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА МАГНІТОКАРДІОСИГНАЛІВ В БАЗИСІ ХААРА | 121 |
| 4. | А.А. Станько, А.Г. Микитшина, О.С. Голотенко КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ | 122 |
| 5. | Р.О. Ніколайчук РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ATMEGA | 124 |

| | | |
|---|---|-----|
| 27. | С.Б. Красіцька, М.Г. Тарасенко | |
| | ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ | 102 |
| 28. | П.В. Білоус, В.П. Коваль | |
| | ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНЕРУВАННЯ ТЕПЛА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА МІНІ-ТЕС | 105 |
| 29. | В.П. Волоський, А.М. Паламар, С.А. Лупенко | |
| | МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ LI-ІОН АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ | 107 |
| 30. | В.В. Желіхівський | |
| | МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ НА ПЕРЕМИКАННЯ В СИНХРОННОМУ ПОНИЖУВАЛЬНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ | 108 |
| СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ | | |
| 1. | Я.Ю.Хижнюк, Т.О.Лісовська, О.І.Вічко | |
| | РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРУ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ | 110 |
| 2. | М.Р. Леськів, Г.В. Карпик | |
| | ОЦІНКА ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА З <i>AEGOPODIUM PODAGRARIA L.</i> | 111 |
| 3. | Л. Федак | |
| | ЕФЕКТИВНІ МІКРООРГАНІЗМИ В ГАЛУЗІ БДЖІЛЬНИЦТВА | 112 |
| 4. | О.О. Савчук, М.І. Полевий, Н.М. Зварич | |
| | ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ | 113 |
| 5. | В.Ю. Головач, В.Я. Ворошук | |
| | ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕКАНТОРА ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ КАЗЕЇНУ | 115 |
| СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ | | |
| 1. | Т. Базан, Б. Млинко | |
| | АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 116 |
| 2. | Т. Базан, Б. Млинко | |
| | МЕТОДИ ОЦІНКИ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 117 |
| СЕКЦІЯ: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ | | |
| 1. | Н. Завацький, Л. Романюк | |
| | ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ | 118 |
| 2. | Л.В.Хвостівська, В.В.Казьмірів, А.В.Ремез | |
| | ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ НА ФОНІ ЗАВАД | 119 |
| 3. | Н.Г.Гонгало, М.О.Хвостівський | |
| | ВЕЙВЛЕТ ОБРОБКА МАГНІТОКАРДІОСИГНАЛІВ В БАЗИСІ ХААРА | 121 |
| 4. | А.А. Станько, А.Г. Микитишин, О.С. Голотенко | |
| | КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ | 122 |
| 5. | Р.О. Ніколайчук | |
| | РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ATMEGA | 124 |

Міністерство освіти і науки України,
 Тернопільський національний технічний університет
 імені Івана Пулюя
 Маріборський університет (Словенія)
 Технічний університет в Кошице (Словаччина)
 Каунаський технологічний університет (Литва)
 Львівський національний університет
 імені Івана Франка,
 Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
 Луцький національний технічний університет,
 Чернівецький національний університет
 імені Юрія Федьковича,
 Вроцлавський економічний університет (Польща)
 Університет технологій та економіки
 імені Хелени Ходковської (Польща)
 Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове товариство



V МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

28-29 квітня 2022 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2022

УДК 621

Полевий М. – ст. гр. МОм-51

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя***ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА АДЕЗИЙНУ МІЦНІСТЬ БІЛКОВОЇ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ**

Науковий керівник: к.т.н., доцент Кравець О.І.

Polevyyi M.

*Terнопil Ivan Puluj National Technical University***STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE ADHESIVE STRENGTH OF THE PROTEIN DISPERSED PHASE**

Supervisor: Ph.D. Kravets O.I.

Ключові слова: адгезія, білок, сироватка

Key words: adhesion, protein, whey

Принцип технологічного процесу виробництва як сиру кисломолочного так і казеїну один – направлена біоенергетична дія на молоко призводить до його розділення на білково-жировий концентрат (кисломолочний сир, казеїн) і фільтрат (молочну сироватку).

Молочна сироватка, отримана при виробництві кисломолочного сиру чи казеїну може розглядатися як суспензія, плазму якої утворює хімічний розчин лактози і мінеральних солей разом із колоїдним розчином сироваткових білків. Дисперсна фаза, яка утворюється за рахунок дроблення білкового згустку і називається білковою дисперсною фазою.

Основними причинами втрат сировини при виробництві сиру кисломолочного та казеїну є:

- недосконалість технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного та казеїну, в результаті чого значна маса сировини відходить із сироваткою і безповоротно втрачається.

- сильна адгезійна властивість цих продуктів, що призводить до їх налипання на робочі органи машин (стінки ванн та трубопроводів, шинки, барабани охолоджувачів, фільтрувальні перегородки тощо).

Отримані експериментальні дані свідчать, що на підприємствах Тернопільської області із сироваткою втрачаються значна маса молочного білка, у вигляді білкової дисперсної фази, основна маса якої зосереджена в частинках розміром від 0,5 мкм., а отже, її можна відділити шляхом фільтрування.

Проблема, яка виникає при експлуатації, з цією метою, відомих конструкцій фільтрів пов'язана із швидким закупорюванням фільтрувальної перегородки в результаті налипання білкової пилочки і відповідно не тривалого часу роботи фільтра.

Очевидно, що можна відмітити два напрямки удосконалення роботи такого обладнання:

- розробка конструкції фільтра, який забезпечує періодичну регенерацію поверхні;

- зменшення сили адгезії між фільтрувальною поверхнею і білковою пилочкою.

| | |
|--|----|
| Гарасимів М. ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ХЛІБА | 23 |
| Луда М., Саліонов Т. ХАРЧОВА ДОБАВКА E621 У НАШОМУ ЖИТТІ | 24 |
| Костишин С. ЗАСТОСУВАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ АНАЕРОБНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОЧНОГО ВИРОБНИЦТВА | 26 |
| Кривокульська А., Чубик В. СУЧАСНЕ ХЛІБОПЕЧЕННЯ, ІННОВАЦІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБА | 27 |
| Полевий М. ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА АДГЕЗІЙНУ МІЦНІСТЬ БІЛКОВОЇ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ | 28 |
| Тимчук П., Тарасенко І. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КРУТНОГО МОМЕНТУ ПРИ ЗМІЦНЕННІ КАНАВОК | 29 |
| Кузьмич Н. ХЛІБОПЕКАРСЬКА ПРОМИСЛОВІСТЬ В УМОВАХ СУЧАСНОСТІ | 30 |
| Адамішин О. СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ ФРУКТІВ ДЛЯ ДОДАВАННЯ У ШОКОЛАД | 31 |
| Бабенко Г. ДОСЯГНЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТЕОРІЇ Р. КОУЗА ТА РЕАЛЬНА ЕКОНОМІКА СЬОГОДНІ | 33 |
| Далевська Х. РОЗВИТОК ДОКУМЕНТОЗНАВЧОЇ НАУКИ У ХХІ СТ. СУЧАСНІ ПОГЛЯДИ НА ДОКУМЕНТ | 35 |
| Петрас У. ПОХОРОННІ СПОРУДИ СКІФСЬКИХ ЦАРІВ | 37 |
| Provalna Y. THE REVOLUTION OF DIGNITY AS AN ANTITHESIS OF RUSSIFICATION IN THE CULTURAL ASPECT OF NOWADAYS | 39 |
| Іванченко Ю. ДИСКУСІЙНІСТЬ ЩОДО ЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНА «ДОКУМЕНТ» У ЦИФРОВУ ЕПОХУ | 41 |
| Миколишин В. ОСОБЛИВОСТІ ВІТРОВИХ ТУРБІН ТА ЇХ ТИПИ | 43 |
| Бартошевський Р. РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУЛОННИМИ ШТОРАМИ | 45 |
| Кришкова С. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ | 47 |

| Формат Зона | Лист | Позначення | Назва | К-сть | Примітка |
|----------------|------|------------|-----------------|-------|------------------|
| | 43 | | Гайка М5-6Н. 5 | | |
| | | | ГОСТ 5915-70 | 30 | |
| | 44 | | Гайка М6-6Н. 5 | | |
| | | | ГОСТ 5915-70 | 12 | |
| | 45 | | Гайка М8-6Н. 5 | | |
| | | | ГОСТ 5915-70 | 16 | |
| | 46 | | Гайка М16-6Н. 5 | | |
| | | | ГОСТ 5915-70 | 4 | |
| | 47 | | Гвинт М6-6дх10 | | |
| | | | ГОСТ 1483-84 | 12 | |
| | 48 | | Гвинт М8-6дх10 | | |
| | | | ГОСТ 1483-84 | 6 | |
| | 49 | | Гвинт М6-6дх16 | | |
| | | | ГОСТ 1483-84 | 1 | |
| | 50 | | Гвинт М8-6дх25 | | |
| | | | ГОСТ 1483-84 | 10 | |
| | 51 | | Гвинт М8-6дх16 | | |
| | | | ГОСТ 1476-84 | 1 | |
| | 52 | | Підшипник 36305 | | |
| | | | ГОСТ 831-75 | 4 | |
| | 53 | | Підшипник 10309 | | |
| | | | ГОСТ 8338-75 | 2 | |
| | 54 | | Підшипник 10314 | | |
| | | | ГОСТ 8338-75 | 1 | |
| | 55 | | Шайба 5.03.019 | | |
| | | | ГОСТ 6402 - 70 | 30 | |
| | 56 | | Шайба 6.03.019 | | |
| | | | ГОСТ 6402 - 70 | 25 | |
| Зм | Арк | № докум. | Підпис | Дата | КР 328.08.02.000 |
| | | | | | Арк 3 |

