

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

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розрахунок сушарки для зерна марки СЗСБ-8А та
розроблення технічних заходів з ремонту барабану**

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МО-41
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Жуковський А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Кравець О.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Анотація

Жуковський А.В. Розрахунок сушарки для зерна марки СЗСБ-8А та розроблення технічних заходів з ремонту барабану.

Проведено аналіз структури сушарки та побудовано її кінематичну схему. Виконано міцністий розрахунок барабану сушарки в середовищі SOLIDWORKS. Встановлено, що для забезпечення необхідної міцності барабану в умовах статичних та динамічних навантажень його товщина має становити не менше 16 мм. Виконано технологічний розрахунок барабанної сушарки та розрахунок приводу барабану.

Розроблено технологію виготовлення валу редуктора приводу сушильного барабану.

Розроблено заходи із безпеки життєдіяльності та основ хорони праці.

Ключові слова: сушіння, зерно, ремонт.

Abstract

Zhukovskyi A. Calculation of the SZSB-8A grain dryer and development of technical measures to repair the drum.

The structure of the dryer was analyzed and its kinematic diagram was constructed. The technological calculation of the drum dryer and the calculation of the drum drive have been performed.

The manufacturing technology of the dryer drum drive gear reducer shaft has been developed.

Measures for life safety and the basics of labor protection have been developed.

Key words: drying, grain, repair.

Зміст

Вступ	6
1. Аналітична частина	7
1.1. Огляд способів та обладнання, що використовується для сушіння у харчовому виробництві	7
1.2. Кінетика процесу сушіння	14
1.3. Структура та принцип роботи барабанної сушарки СЗСБ-8А.....	16
1.4. Мета і основні задачі роботи	18
2. Конструктивна частина.....	19
2.1. Аналіз структури барабанної сушарки	19
2.2. Конструктивний розрахунок.....	20
2.2.1. Визначення частоти обертання барабану	20
2.2.2. Визначення потужності двигуна	20
2.4. Підбір електродвигуна.....	27
Обертний момент на валу редуктора:	27
2.5. Висновки до розділу	29
3. Технологічна частина.....	30
3.1. Розроблення технологічної документації на проведення ремонту. 30	
3.2. Дефектування та сортування	34
3.3. Аналіз технічних умов вала	36
3.4. Розроблення тех. процесу виготовлення вала.....	39
3.4.1. Вибір і обґрунтування заготовки	39
3.4.2. Розроблення тех. маршруту мех. обробки вала	45
3.4.3. Вибір ріжучого і вим. інструменту	48
3.4.4. Розрахунок режимів різання по операціях	49

3.4.5. Вибір обладнання і його технічні характеристики.....	52
3.4.6. Технічне нормування технологічного процесу. визначення необхідної кількості обладнання і величини його завантаження	56
4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	61
4.1 Аналіз умов праці у галузі	61
4.2. Огляд заходів поліпшення стану виробничого середовища	64
Висновки.....	67
Перелік посилань	68
Специфікації.....	Ошибка! Закладка не определена.

Вступ

Сушіння зерна є найбільш ефективним способом його підготовки до тривалого зберігання. Цей метод значно покращує борошномельні та хлібопекарські властивості зерна, що є важливими товарними якостями продукту. Зерно можна сушити природним способом – на сонці або за допомогою вентиляторів. Проте, такий метод обмежується невеликою кількістю зерна і кліматичними умовами. Це пояснює, чому сушіння із використанням спеціального обладнання, такого як сушарки, стало настільки популярним.

Різні культури потребують різних підходів до сушіння. Пшеницю сушать при змінних температурних режимах, враховуючи якість клейковини в зерні. Якщо клейковина слабка, температуру підвищують, якщо занадто міцна — знижують, щоб зберегти та покращувати якість зерна. Підвищені температури допомагають зміцнити клейковину, тоді як понижені не призводять до її додаткового зміцнення. Зерно цінних, сильних і твердих пшениць сушать у м'яких режимах. Проросле зерно або пошкоджене зерно, утворює слабку клейковину, тому процес його сушіння відбувається за підвищених температур із постійним контролем режиму сушіння.

1. Аналітична частина

1.1. Огляд способів та обладнання, що використовується для сушіння у харчовому виробництві

Сушіння зерна є найбільш ефективним способом його підготовки до тривалого зберігання. Це пояснюється значним покращенням борошномельних та хлібопекарських властивостей зерна – важливих товарних якостей цього продукту. Зерно можна сушити природним шляхом – на сонці або з використанням вентиляторів. Однак цей метод обмежений кліматичними умовами і підходить лише для невеликої кількості зерна. Саме тому сушіння за допомогою спеціального обладнання – сушарок – набуло великої популярності.

На сьогодні існує велике різноманіття методів штучного зневоднення та відповідного обладнання для сушіння. Вимоги до сушарок:

- рівномірне зневоднення;
- рівномірне нагрівання матеріалу;
- низьку металоємність;
- можливість контролю температури;
- забезпечення контролю вологості;
- універсальність для різних матеріалів.

Сушарки для харчової сировини та продуктів класифікуються за кількома критеріями:

- За способом передачі тепла до матеріалу, що сушиться: конвекційні, кондуктивні (контактні), радіаційні (з інфрачервоним випромінюванням або струмами високої (ТВЧ) і надвисокої (НВЧ) частоти).

- За рівнем тиску повітря в сушильній камері: атмосферні, вакуумні, сублімаційні.

Сушарки для харчової сировини та продуктів класифікуються за такими ознаками:

- За характером роботи: періодичної та безперервної дії.
- За видом використовуваного сушильного агента: які використовують нагріте повітря, димові гази, суміш повітря з димовими газами або пару.
- За типом циркуляції повітря.: із природною циркуляцією та із циркуляцією примусовою.
- За напрямом руху сушильного агента відносно продукту: прямоточні, проти точні, із проникненням сушильного агента в матеріал (фільтраційне сушіння).
- За кратністю використання сушильного агента.: із одноразовим та багаторазовим використанням нагрітого повітря.
- За способом підвищення температури сушильного агента: сушильні установки з паровими, вогневими, електричними калориферами.
- За видом матеріалу: твердий (великих, пилюватих, дрібних), рідкий та пастоподібний;
- За способом підведення тепла: конвекційні сушарки, контактні сушарки, радіаційні та сублімаційні сушарки;
- За конструктивними ознаками: камерні, тунельні, вальцеві, коридорні, барабанні тощо.

Найбільше застосування мають сьогодні конвекційні сушарки.

Стрічкові сушарки набули широкого застосування в харчовій промисловості. Вони представляють собою камеру з безперервно діючими стрічковими конвеєрами 1 (рис. 1.1), виготовленими з металевої сітки.

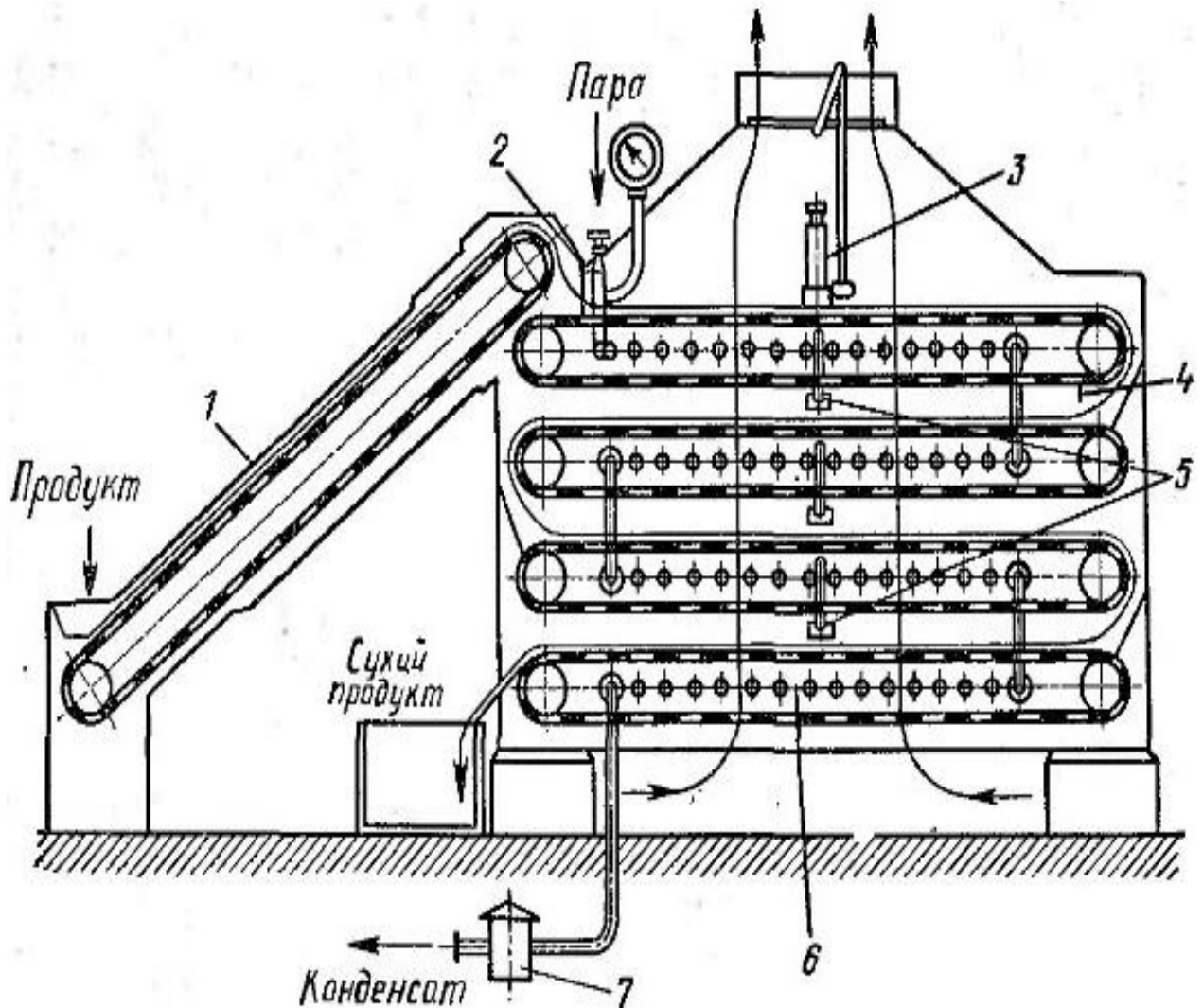


Рисунок 1.1 Стрічкова сушарка

- 1 – транспортер; 2 – шибер для розрівнювання матеріалу; 3 – психрометр;
 4 – скребки для очистки стрічки; 5 – термометри; 6 – секція калорифера;
 7 – патрубок відводу конденсату

Сушильний агент з температурою проходить крізь шар матеріалу, його висушуючи під час руху. Температура повітря на виході становить біля 55 °С. У той самий час у камеру подається сушильний агент із температурою 100 - 110 °С з швидкістю та розходом, що забезпечують надійний режим псевдокипіння матеріалу.

Скребкову сушарку представлено на рисунку 1.2.

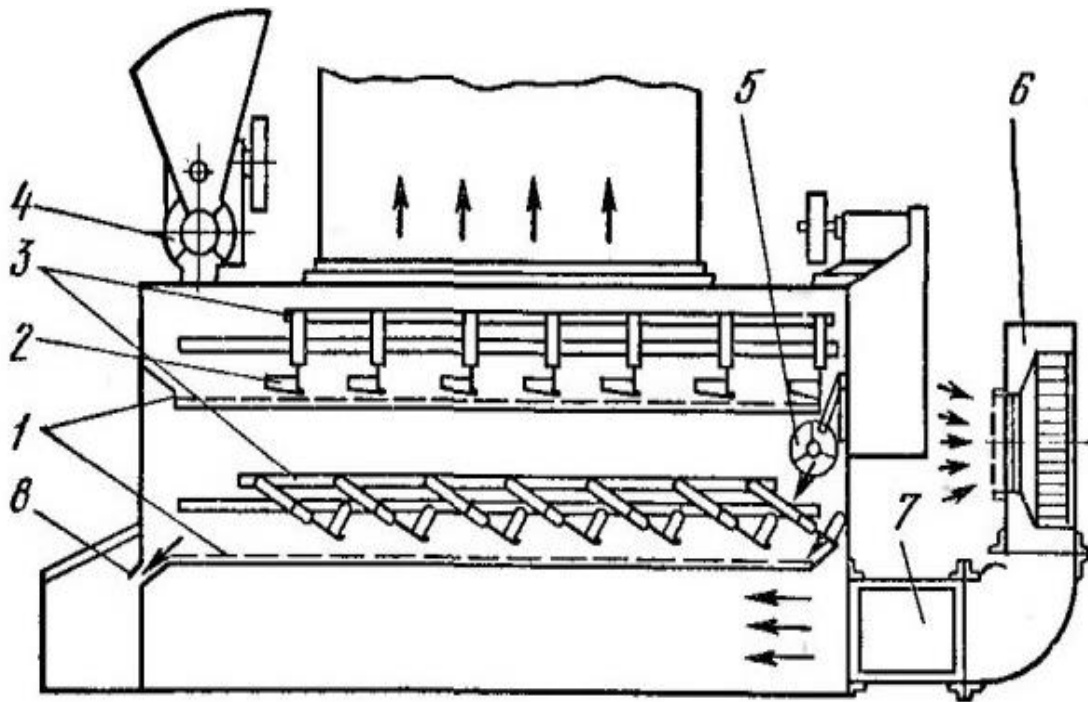


Рисунок 1.2. Скребокка сушарка

- 1 - полиці; 2 - скребки; 3 - рами; 4 - подрібнювач;
 5 - подрібнюючий пристрій; 6 - вентилятор; 7 - калорифер;
 8 - бункер для шнека

Каркас зовні закривається металевими щитами, з боків є по три оглядові вікна. Полиці 1 сушарки складаються зі знімних рам, на які натягнута металева сітка. Матеріал переміщується і переміщується вздовж полиць за допомогою скребоків 2, встановлених у рамах 3. Рух рам зі скребками відбувається поетапно. Верхня рама рухається горизонтально зліва направо, перемішуючи і просуваючи матеріал. Потім рама піднімається і повертається в початкове положення, не торкаючись продукту. Після досягнення кінця процес повторюється. Нижня рама рухається у протилежному напрямку від верхньої. Електроенергія подається до рам від електродвигуна через редуктор і ланцюгову або ремінну передачу.

Товщина шару матеріалу на полиці, становить 3 мм. Верхня полиця не доходить до правого краю установки, утворюючи зазор, через який продукт переміщується з верхньої полиці на нижню. У цьому місці знаходиться подрібнювальний пристрій 5. Після проходження уздовж всієї нижньої полиці,

матеріал потрапляє в бункер 8, звідки шнеком подається на фасування. Калорифер 7 нагріває повітря до 90 - 95 °С, яке використовується для сушіння матеріалу. Відпрацьоване повітря виводиться через центральний отвір сушарки. Для автоматичного регулювання процесу сушіння, поруч з калорифером встановлено електроконтактний термометр, який пов'язаний з електромагнітним клапаном для регулювання подачі пари в калорифер.

Вакуумні сушарки (рис. 1.4.) функціонують при зниженому тиску, чим досягається зниження температури кипіння води, тому можна проводити процес сушіння за нижчих температур. Це може бути особливо важливим для термочутливих матеріалів.

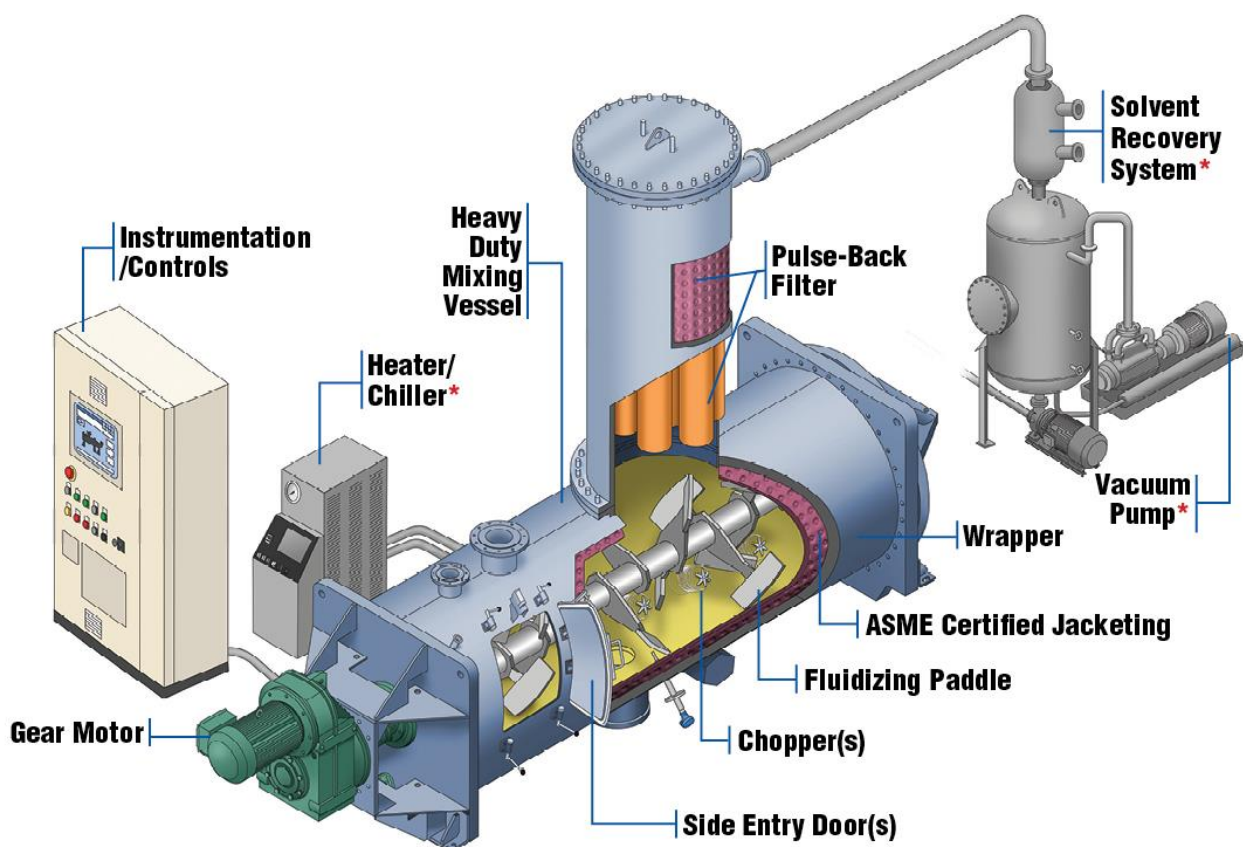


Рисунок 1.3 Схема вакуумної сушарки

На рисунку 1.4 зображено схему вихрової сушарки для матеріалу з псевдозрідженим шаром. Матеріал із завантажувального пристрою 3 потрапляє у живильник-гранулятор 4, де формується у гранули розміром 2-5 мм. Ці гранули одразу потрапляють у сушарку 5, куди подається сушильний агент з

температурою 120 °С. На шляху повітря встановлені решітки, через щілини яких повітря створює вихровий рух частинок матеріалу, приводячи їх у псевдозріджений стан. Сухий матеріал надходить у приймач, звідки по пневмотранспорту 9 переміщується у бункер 8. Рух повітря для пневмотранспорту забезпечується вентилятором 7.

Він також використовується для відсмоктування повітря з камери сушарки безперервної дії. Спочатку повітря надходить у циклон 6, де осідають частинки матеріалу. Потім повітря для обігріву спрямовується до калорифера 2 від вентилятора 1. Вологість вихідного матеріалу повинна становити від 45 до 65%, а температура – 20 °С. Температура готового продукту буде в межах 20-50 °С. Продуктивність по сухому продукту становить 150-160 кг/год.

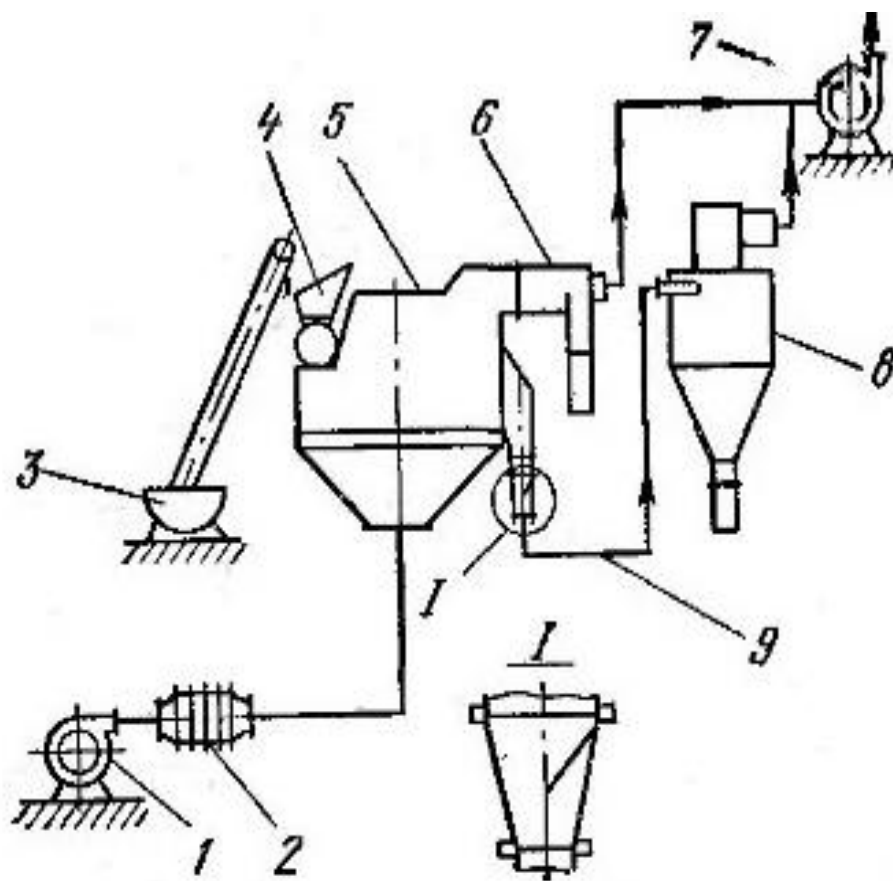


Рисунок 1.4. Вихрова сушарка з псевдо-зрідженим шаром

1,7 -вентилятори; 2 -калорифер; 3 -завантажувач;

4 -живильник; 5 -сушарка; 6 -циклон; 8 -бункер; 9-транспортер

Сушильна камера апарату із псевдо-зрідженим шаром (рис. 1.5) представляє собою прямокутний короб 2. Через люк 1 в нижню частину короба

встановлено газорозподільний пристрій. Нагріте повітря надходить через горловину 6 і відводиться через патрубок 3, огинаючи відбійник 4 (первинний сепаратор), який спрямовує потік газу для підсушування продукту. Переливний поріг 5 забезпечує заданий рівень псевдозрідженого шару.

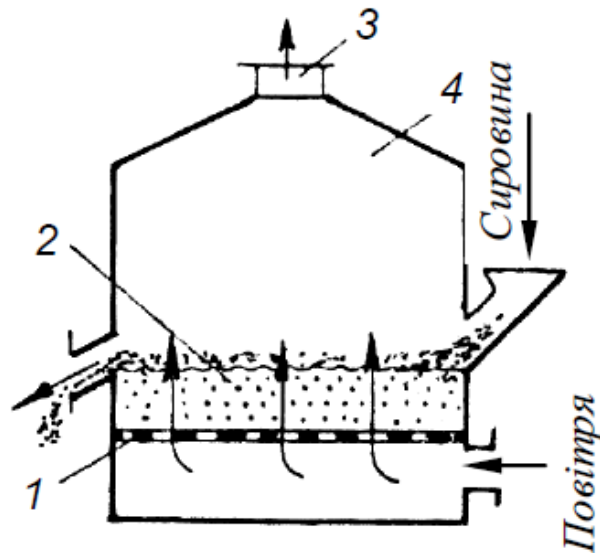


Рис. 1.5. Сушарка із псевдозрідженим шаром:

Мікрохвильові сушарки (рис. 1.6.) використовують випромінювання з метою нагрівання та сушіння матеріалів. Таке сушіння - це швидкий та енергоефективний процес, що можна ефективно використовувати для зневоднення різноманітних матеріалів.

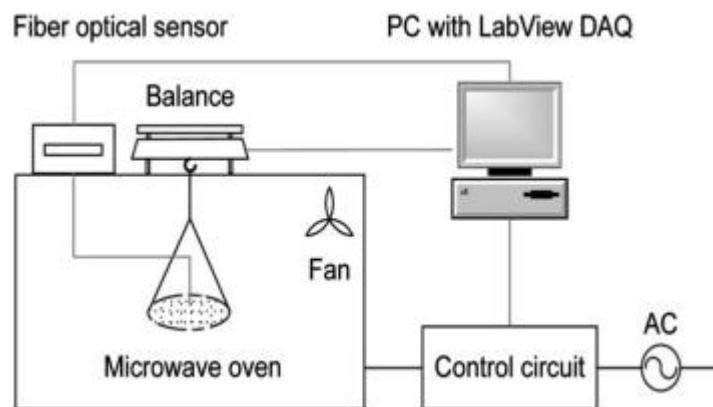


Рис. 1.6. Схема мікрохвильової сушарки

Розпилювальні сушарки (рис. 1.7) розпилюють рідкий продукт у туман, який контактує із сушильним агентом.

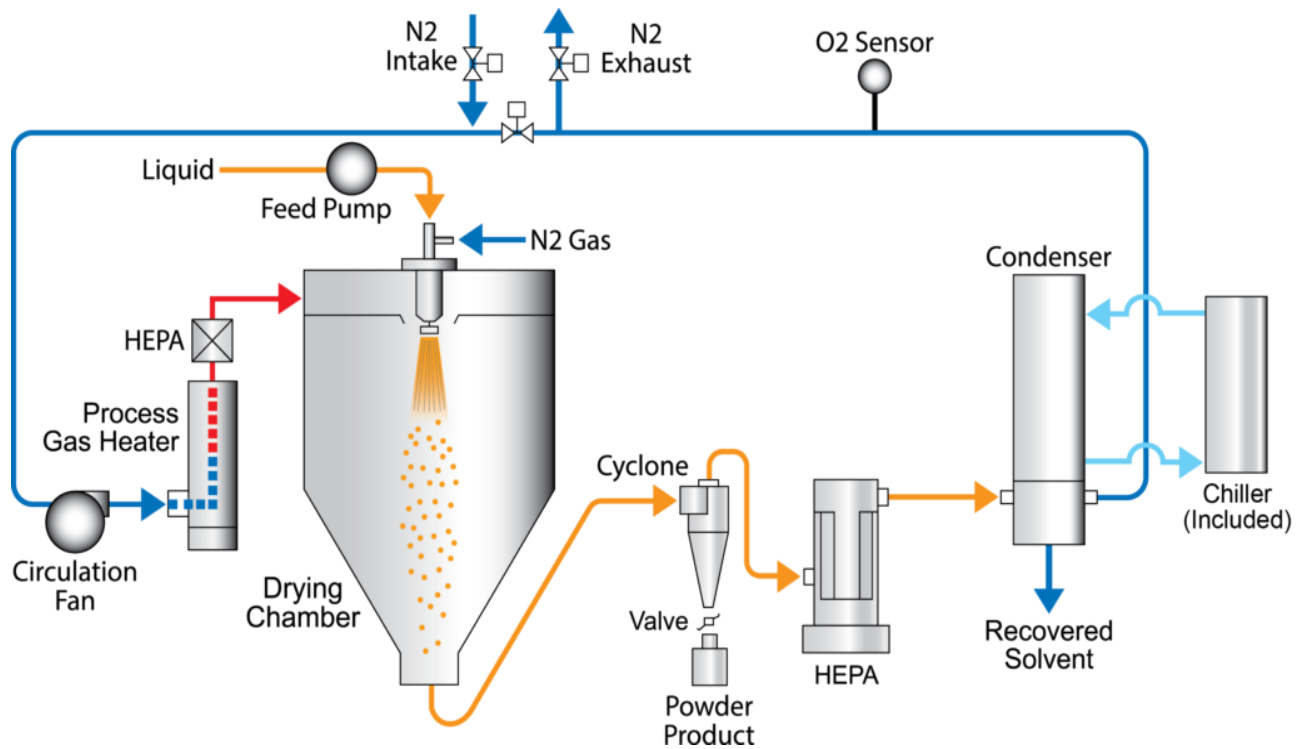


Рисунок 1.7. Схема розпилювальної сушарки

Волога, що міститься у даному тумані, випаровується, залишається лише сухий порошок. Дані сушарки використовуються для виробництва різних продуктів харчування, зокрема сухого молока та кави.

1.2. Кінетика процесу сушіння

У конвективних сушарках вологий матеріал контактує з нагрітим повітрям. Початково випаровування вологи відбувається виключно з поверхні висушуваного матеріалу. Утворена пара поступово проникає через тонкий поверхневий шар повітря, що оточує поверхню матеріалу, в навколишнє середовище. Це призводить до створення різниці концентрацій вологи між поверхнею матеріалу (дисперсною часткою) та його центральною частиною. Таким чином, волога переходить з внутрішніх шарів матеріалу на його поверхню.

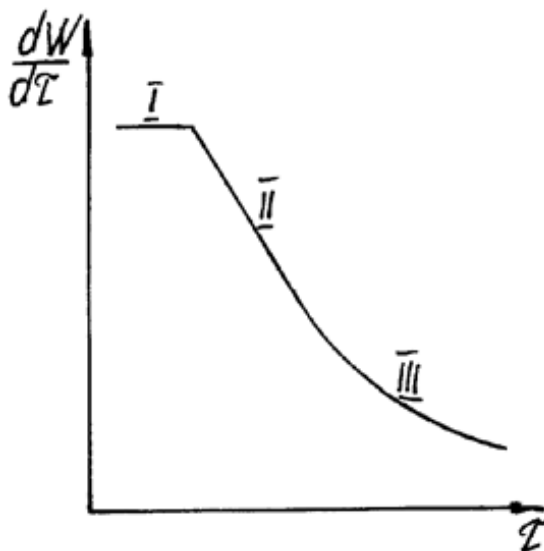


Рисунок 1.8. Залежність швидкості сушіння від тривалості

Спочатку волога із внутрішніх шарів матеріалу переходить на його поверхню у цілком достатній кількості. Цей період можна назвати як період "зовнішньої дифузії", коли швидкість сушіння визначається швидкістю дифузії випаровуваної вологи через плівку насиченого повітря.

При недостатній масі вологи, що надходить до поверхні висушуваного матеріалу, яка менша за кількість, що може випаруватись, швидкість сушіння починає зменшуватись. Цей період відповідає критичним значенням вологовмісту матеріалу.

Період зменшення швидкості сушіння триває доти, доки коли матеріал не досягає вологовмісту, який прийнято називати рівноважним. Тоді вологовміст повітря в шарі над матеріалом стає рівним вологовмісту в повітрі, що оточує даний матеріал. Продовження процесу сушіння за таких умов стає неможливим.

У період зменшення швидкості процес сушіння обумовлений швидкістю, з якою волога дифундує до поверхні матеріалу, що визначається «внутрішньою дифузією».

Залежність швидкості сушіння від часу зображено у вигляді кривої на рисунку 1.6. Ділянка I відповідає випаровуванню вологи з повністю змоченої поверхні; ділянка II – з поверхні після утворення сухих ділянок; ділянка III – з

поверхні, коли вся волога випарувалась і процес сушіння залежить лише від швидкості дифузії вологи до поверхні.

Форма кривої різна для різних матеріалів і залежить від способу взаємодії вологи з матеріалом та умов сушіння.

1.3. Структура та принцип роботи барабанної сушарки СЗСБ-8А

Сушарка СЗСБ-8А (рис. 1.9.) призначена для сушіння насінного і фуражного зерна із будь-якою початковою вологістю.

Сушарка складається із перехідника 1, топкового блоку 2, барабану 8, камери для вивантаження 19, охолоджувальної колонки 17, вентилятора 9, привідної станції 22, аеропроводів та паливної системи.

Топковий блок служить з метою спалювання палива та утворення сушильного агенту з параметрами, що задаються до початку процесу сушіння.

Барабан сушарки передбачає хрестовину 6 та обичайку. На хрестовині кріпляться лопаті 7 для перевантаження зерна. На внутрішній поверхні барабану встановлені лопаті 4 для перемішування зерна.

Барабан сушарки приводиться в рух привідною станцією 22, кількість обертання 3,18 об/хв.

Вологе зерно подається по трубопроводі 3 в камеру, висипається на лопаті 4. Зерно під дією сушильного агенту рухається в середині барабана вінуя до іншого. Сушильний агент, пронизує зерно, що зсипається у барабан. Волога із зерна випаровується, поглинається сушильним агентом та виводиться із сушарки. Відпрацьований сушильний агент вентилятором 9 направляється у атмосферу. Розхід сушильного агенту, що проходить барабаном, регулюються дроселем вентилятора. Швидкість випаровування вологи підвищується пропорційно до температури нагрівання матеріалу.

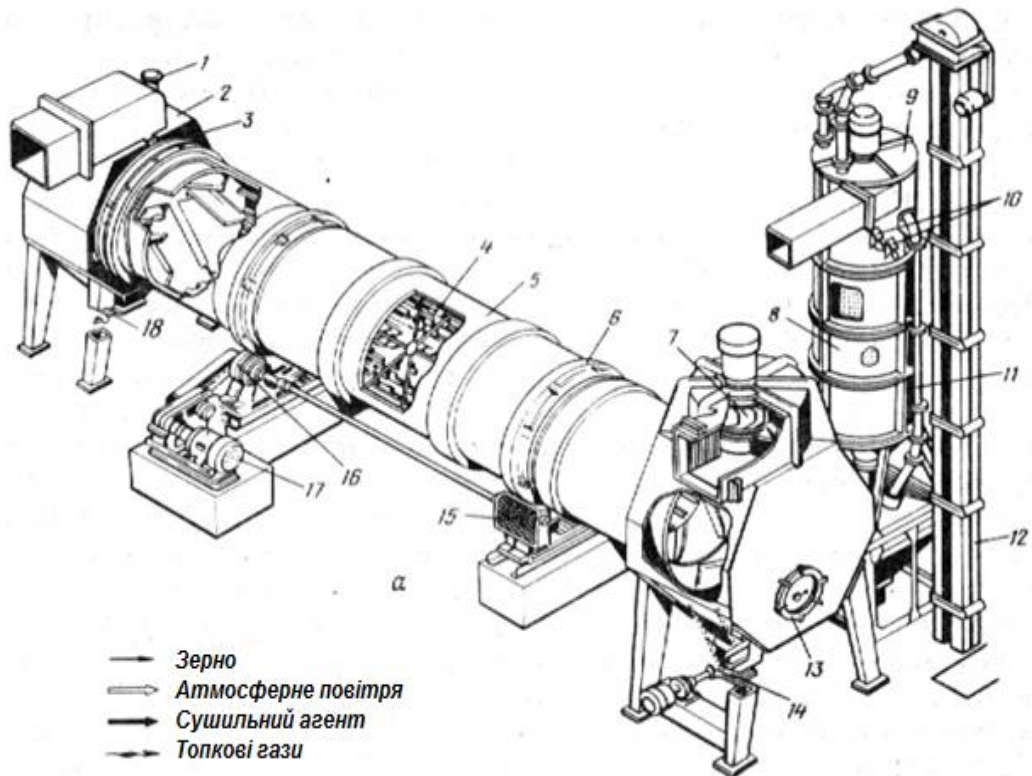


Рисунок 1.9. Барабанна сушарка для зерна СЗСБ-8А

1 –перехідник; 2 –тойпкови блок; 3 –труба; 4 – лопаті; 5 -кільце; 6 -хрестовина;
 7 -полички; 8 -барабан; 9, 12 -вентилятори; 10, 11 - циліндри; 13 і 14 - датчики
 рівня; 15 -конус; 16 і 20 - шлюзові затвори; 17 -норія; 18 –бункер;
 19 -камера; 21 - ролики; 22 –привід

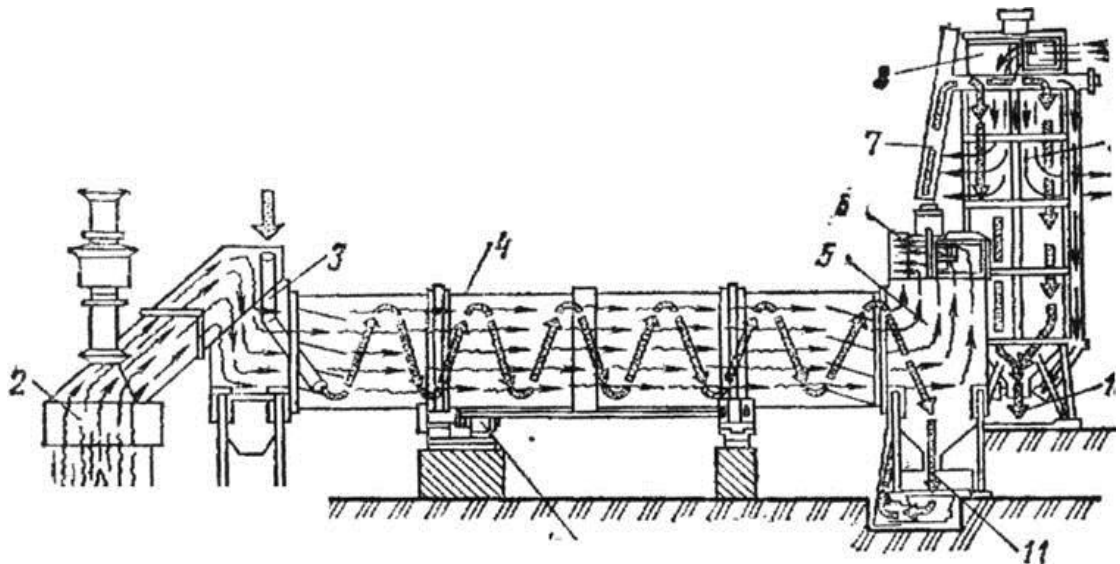


Рисунок 1.10. Технологічна схема сушарки СЗСБ-8

1 –топковий блок, 2 –коробка змішувача, 3 –завантажувальна камера,
 4 – барабан сушарки, 5 –камера, 6, 8 –вентилятори, 7 –транспортер,
 9 колонка, 10 –вихід зерна, 11 –шлюз, 12 – привід

Таблиця 1.1. Характеристики барабанної сушарки марки СЗСБ-8

Продуктивність по висушеному зерну G	2826 кг/год
Вологість зерна	
початкова W ₁ ,%	20%
кінцева W ₂ ,%	14%
Насипна густина зерна ρ _н , кг/м ³	750
Температура сушильного агента	
на вході t ₁ , °C	250
на виході t ₂ , °C	90
Теплоємність висушеного зерна C _м , кДж/кг·град	2,39
Теплові витрати (прийняті від загального розходу тепла),	5 %
Температура висушеного зерна	80°C
поступаючого зерна	20°C

1.4. Мета і основні задачі роботи

Метою кваліфікаційної роботи є розрахунок барабанної сушарки марки СЗСБ-8 із ремонтом приводу барабану.

Основні задачі:

- огляд обладнання для сушіння зерна;
- аналіз структури сушарки та розроблення її кінематичної схеми;
- конструктивний розрахунок сушарки, зокрема міцністий розрахунок барабану сушарки в середовищі SOLIDWORKS;
- розрахунок приводу сушарки;
- розроблення технології виготовлення валу редуктора приводу тбарабану;
- технологічний розрахунок сушарки;
- розробити заходи з безпекижиттєдіяльності та основ хорони праці.

2. Конструктивна частина

2.1. Аналіз структури барабанної сушарки

Приведення в рух барабану 1 сушарки здійснюється від електродвигуна 2 (рис. 2.1.) через фрикційну муфту 3, редуктор 4 та шестерню 5..

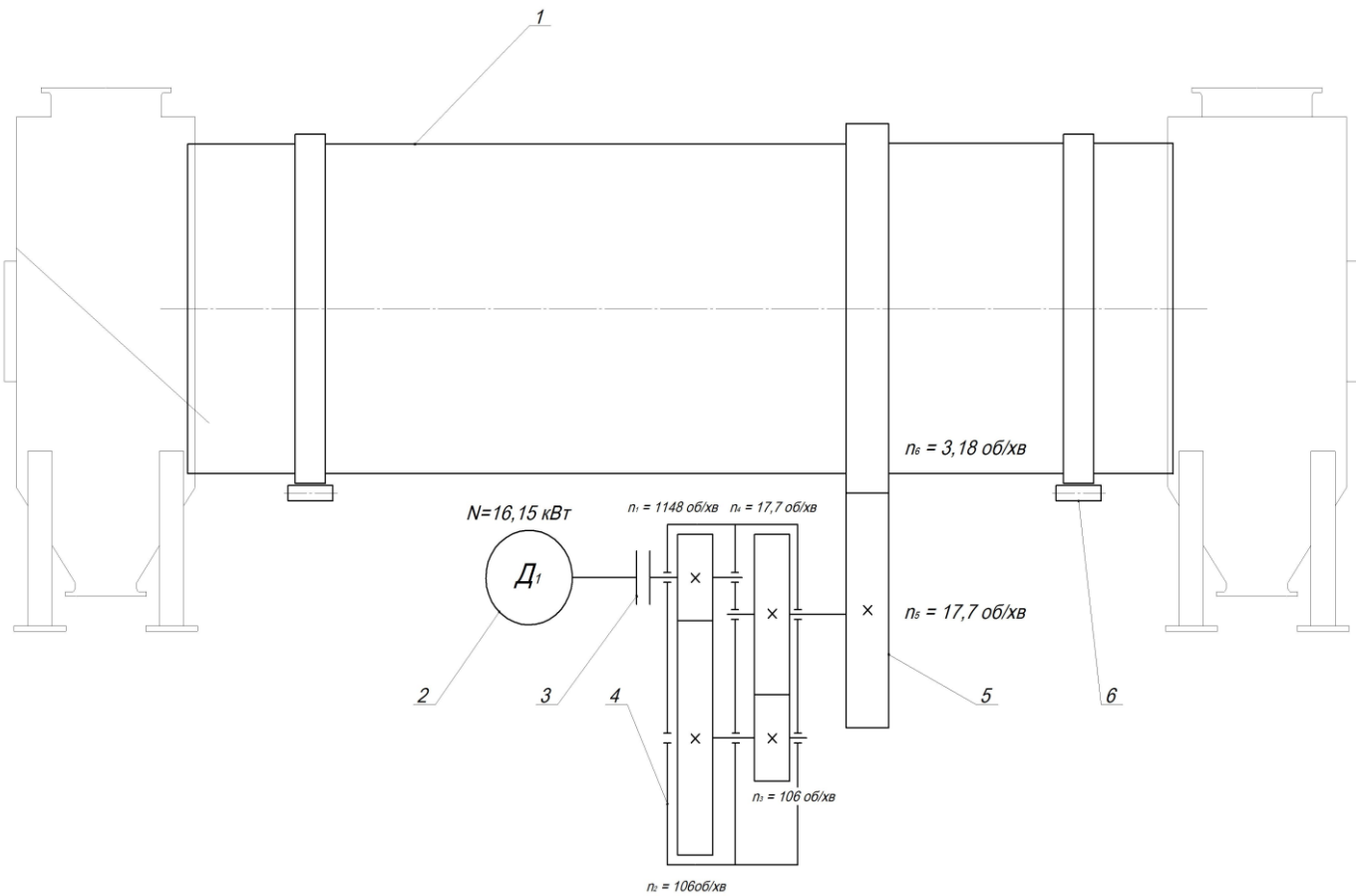


Рисунок 2.1. Кінематична схема барабанної сушарки

1 – барабан; 2 – двигун; 3 – фрикційна муфта; 4 – редуктор;
5 – шестерня, 6 – валки.

Барабан 1 розміщено під кутом 3° на валках 6.

2.2. Конструктивний розрахунок

2.2.1. Визначення частоти обертання барабану

Значення частоти обертання барабану залежить від того, скільки часу займе процес сушіння зерна та від кута нахилу барабану. Кількість барабану можна визначити із виразу:

$$n = \frac{L}{a \cdot \tau \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \text{ об/с,}$$

де α – кут нахилу, $\alpha = 3^\circ$;

a – коефіцієнт, що характеризує вид насадки барабану, $a = 1,2$.

Отримаємо:

$$n = \frac{7}{1,2 \cdot 10400 \cdot 2,3 \cdot 0,052} = 0,00469 = 3,18 \text{ об/хв.}$$

2.2.2. Визначення потужності двигуна

Для приведення в рух барабану даної сушарки необхідно електродвигун із потужністю:

$$N = 0,078 D_6^3 \cdot L_6 \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n = 0,078 \cdot 2,3^3 \cdot 7 \cdot 1990 \cdot 0,053 \cdot 0,053 \approx 16,15 \text{ кВт}$$

2.3. Міцнісний розрахунок

Виконали міцнісний розрахунок барабану сушарки при робочих навантаженнях.

Одним із завдань цього розрахунку було визначення товщини стінки барабана.

При даному розрахунку барабан можна уявити у вигляді балки. Продукт, внутрішні лопаті, теплоізоляційний матеріал та власне барабан будемо розглядати як навантаженням, (рис. 2.2.).

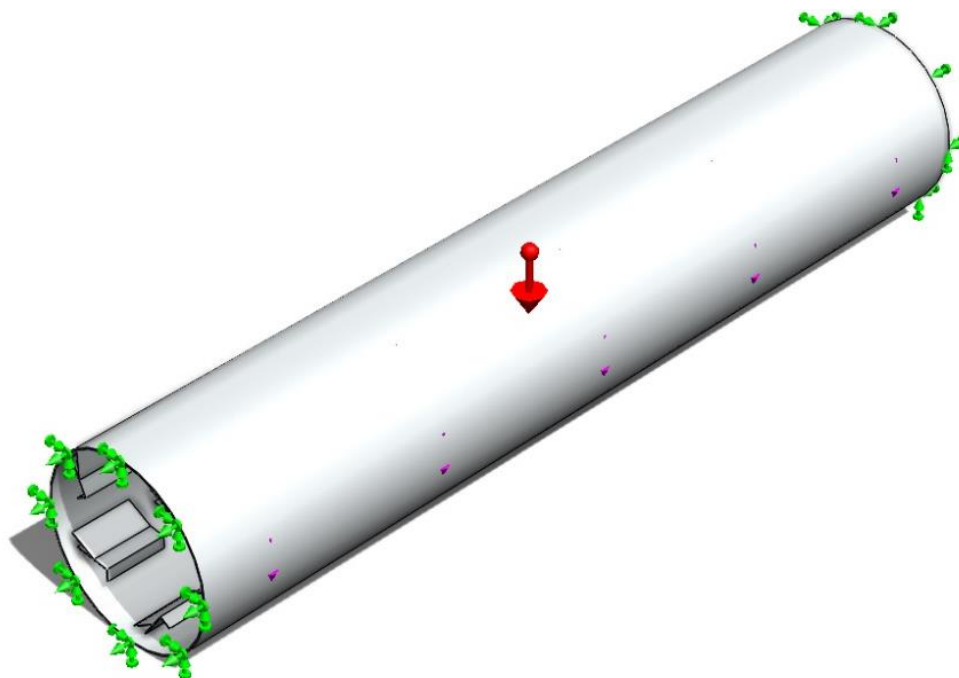


Рисунок 2.2. Схема статичного навантаження, що діє на барабан сушарки

Розрахунки виконували у середовищі SOLIDWORKS

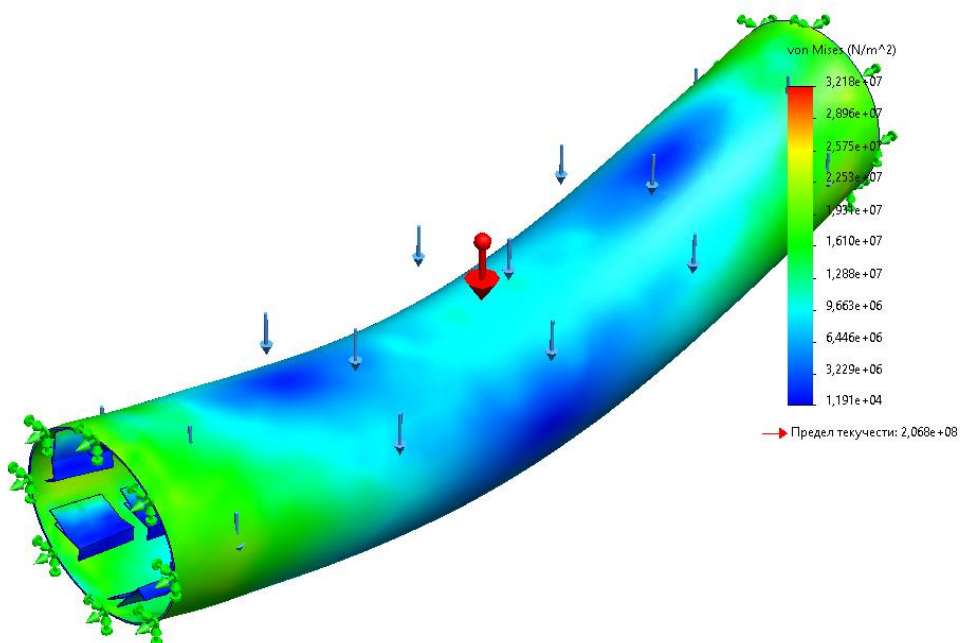


Рисунок 2.3. Моделювання статичних навантажень

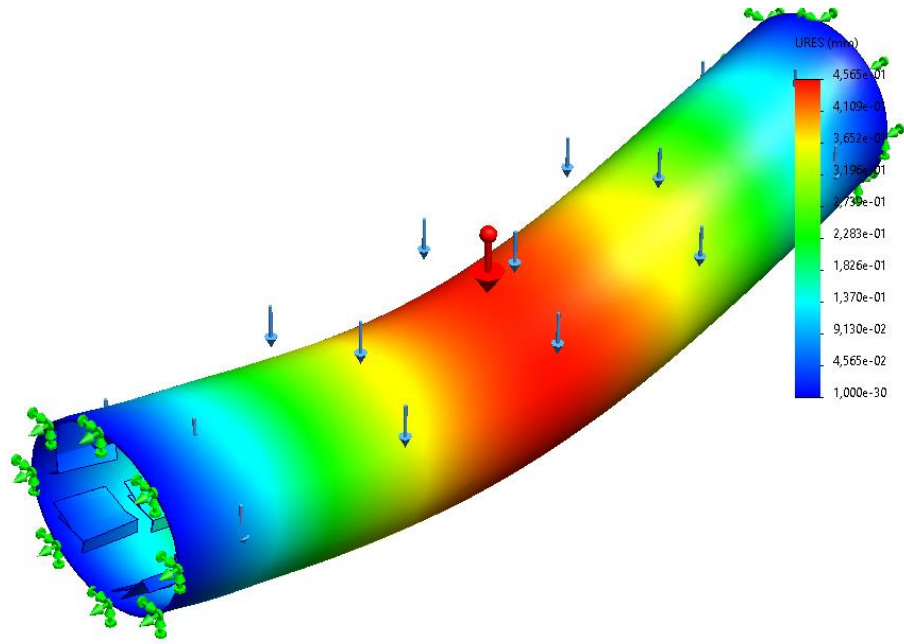


Рисунок 2.4. Моделювання деформації барабану

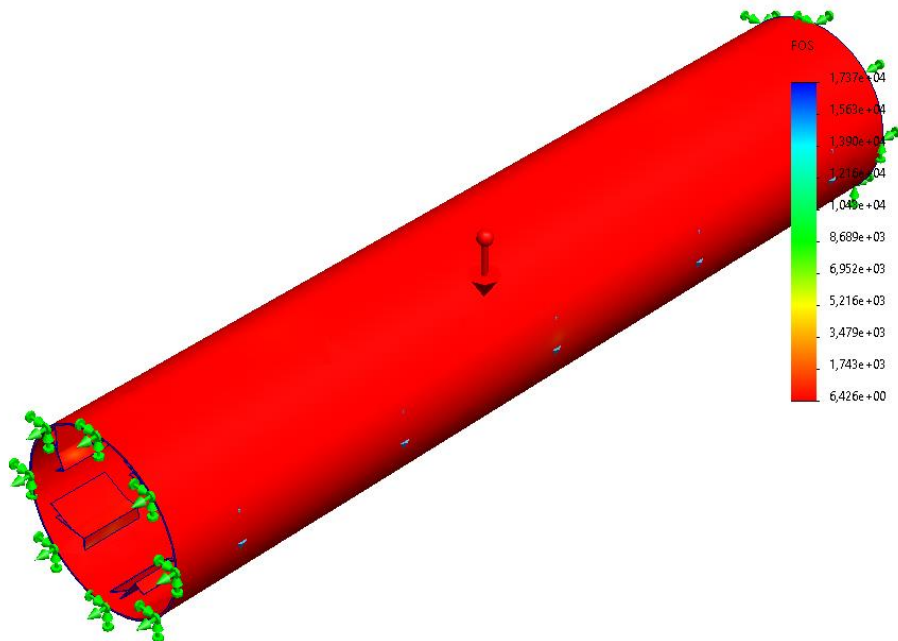


Рисунок 2.5. Визначення статичного запасу міцності

Проведемо розрахунок барабану

Товщина його стінки:

$$S_{\delta} = (0,007 \div 0,01)D_{н},$$

отримаємо:

$$S_{\delta} = (0,007 \div 0,01)2300 = 16,1 \div 23$$

Прийmemo значання товщини стінки $S_{\delta} = 16$ мм, що відповідає отриманом в середовищі SOLIDWORKS.

Значення згинаючого моменту від рівномірного навант. на барабан:

$$M_1 = q \cdot L_{бар}^2 / 8, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де q – навантаження на на 1 м.кв. довжини барабану, МПа:

$$q = G / L, \text{ Н};$$

$L_{бар}$ - довжина, м.

Загальне навантаження:

$$G = G_{бар} + G_{mat}, \text{ Н}.$$

де $G_{бар} = G \cdot 9,81$ - вага, Н:

Буде:

$$G = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi D_{вн}^2}{4} \right) \cdot L \cdot \rho + 2 \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot \rho \right)$$

$$G = \left(\frac{3,14 \cdot 2,3^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 2,268^2}{4} \right) \cdot 7 \cdot 7700 + 2 \left(\frac{3,14 \cdot 2,3^2}{4} \cdot 0,016 \cdot 7700 \right) = 8000 \text{ кг}$$

$$G_{бар} = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Н}$$

$$G_{mat} = 0,785 \cdot D_{вн} \cdot \beta \cdot \gamma_{mat} \cdot L - \text{вага зерна на вході, Н};$$

$$\gamma_{mat} = \rho \cdot 9,81 - \text{вага сухого зерна, Н/м}^3:$$

$$\gamma_{\text{mat}} = 1990 \cdot 9,81 = 18639, \text{ Н/м}^3;$$

Отримаємо:

$$G_{\text{mat}} = 0,785 \cdot 2,268 \cdot 0,15 \cdot 18639 \cdot 7 = 34844, \text{ Н.}$$

Отже:

$$G = 78480 + 34843 = 113324, \text{ Н.}$$

Визначимо M_1 :

$$M_1 = \frac{113324}{7} \cdot 4,2^2 / 8 = 35697, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Розрахуємо згинаючий момент від навантаження, що зосереджене в одному місці.

Згинаючий момент:

$$M_2 = G_{\text{вен}} \cdot L_{\text{бар}} / 4, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_2 = 8860 \cdot 4,2 / 4 = 9303, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Розрахуємо сумарний згин. момент барабану:

$$M_{\text{узг}} = M_1 + M_2, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{\text{узг}} = 35697 + 9303 = 45000, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{D \cdot \pi \cdot n}, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Отже:

$$M_{кр} = \frac{16,15}{2,3 \cdot 3,14 \cdot 0,053} = 42,19, \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунковий момент:

$$M_{расч} = 0,35 \cdot M_{изг} + 0,65 \cdot \sqrt{M_{изг}^2 + M_{кр}^2}, \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Отримаємо:

$$M_{расч} = 0,35 \cdot 45000 + 0,65 \cdot \sqrt{45000^2 + 42,19^2} = 45000, \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Напруження стінки барабану не може перевищувати допустиме:

$$\sigma_{макс} = M_{расч} / W \leq \sigma_{доп}, \text{ МПа},$$

де $W = 0,785 \cdot D_{бар}^2 \cdot \delta_{бар}$ - момент опору;

$$D_{бар} = D - 0,5 \cdot \delta_{бар}, \text{ м}.$$

Тоді:

$$W = 0,785 \cdot (2,3 - 0,5 \cdot 0,016)_{бар}^2 \cdot 0,016 = 0,05, \text{ м}^3..$$

напруження стінки барабану:

$$\sigma_{макс} = \frac{M_p}{W} = \frac{45000}{0,066} = 90 \text{ МПа}.$$

Здійснимо розрахунок бандажів барабану за розрахунковою схемою (рис. 2.6.).

Реакція ролика:

$$R = \frac{P}{2 \cdot \cos \frac{\psi}{2}}$$

де $P = \frac{G_{всього}}{z} \cos \alpha$ – навантаження на бандаж;

ψ - кут розміщення ролики, $\psi = 60^\circ$;

z – к-ть бандажів, 2;

$\alpha = 3^\circ$ – кут нахилу барабану;

$G_{всього} = G_{бар} + G_{мат} + 2 \cdot G_{бан}$ – маса барабану, кг;

$G_{бан} = 11200$ – вага бандажу, Н:

$$G_{всього} = 78480 + 34843 + 2 \cdot 11200 = 132083, \text{ Н.}$$

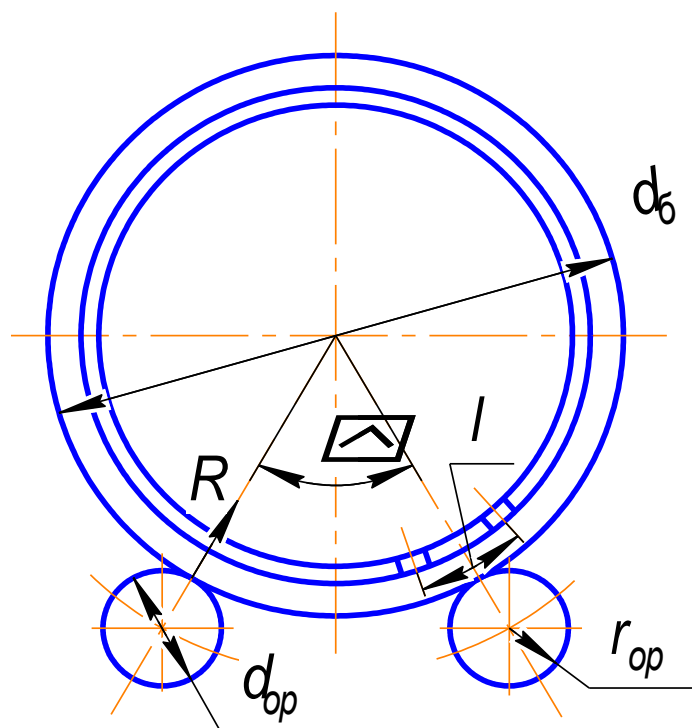


Рисунок 2.6 Розрахунок бандажів

Тоді:

$$P = \frac{132083}{2} \cdot 0,998 = 65909, \text{ Н.}$$

$$R = \frac{65909}{2 \cdot 0,866} = 37195, \text{ Н}$$

Відстань між сусідніми опорами барабану:

$$l = \frac{\pi \cdot D}{m}, \text{ м,}$$

де m – число опор, 12.

Отримаємо:

$$l = \frac{3,14 \cdot 2,3}{12} = 0,601, \text{ м.}$$

Згинаючий момент у місці розміщення опорного ролика:

$$M_{\max} = \frac{R \cdot l}{4}, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\max} = \frac{37195 \cdot 0,314}{4} = 5596, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Розміри бандажа: $b_{\delta} = 0,165\text{м}$; $h_{\delta} = 0,136\text{ м}$.

Момент опору січення бандажа:

$$W = \frac{b_{\delta} \cdot h_{\delta}^2}{6} = \frac{0,155 \cdot 0,135^2}{6} = 4,708 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Напруження у бандажі:

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{W}, \text{ Па}$$

Тоді:

$$\sigma_u = \frac{5596}{4,708 \cdot 10^{-4}} = 1188 \cdot 10^4, \text{ Па.}$$

2.4. Підбір електродвигуна

Обертовий момент на валу редуктора:

$$P_{\text{ЭД}}^{\text{ТР}} = \frac{P_{\text{РВ}}}{\eta_o}, \text{ Вт,}$$

де $\eta_o = \eta_m \cdot \eta_{\text{зк}} \cdot \eta_{\text{зцо}}$ – ККД;

$$P_{PB} = T_{PB} \cdot \omega_{PB}, \text{ Вт} \text{ – потужність, Вт}$$

$$\omega_{PB} = \pi \cdot n / 30, \text{ } \tilde{n}^{-1} \text{ – кутова швидкість:}$$

$$\omega_{PB} = 3,14 \cdot 3,18 / 30 = 0,333, \text{ с}^{-1};$$

$$\eta_M = 1 \text{ – ККД муфти;}$$

$$\eta_{\text{ЦИО}} = 0,95 \text{ – ККД циліндричної передачі;}$$

$$\eta_{\text{ЗК}} = 0,97 \text{ – ККД передачі редуктора.}$$

$$P_{PB} = 48498 \cdot 0,333 = 16150, \text{ Вт}$$

Буде:

$$P_{\text{ЭД}}^{\text{ГР}} = \frac{16150}{1 \cdot 0,97 \cdot 0,95} = 17525, \text{ Вт.}$$

Частоту обертання двигуна:

$$Dn_{\text{ЭД}} = n \cdot Du_{\Sigma}, \text{ об/хв,}$$

де n – число обертів барабану, 3.18 об/хв.

Отримаємо число обертів електродвигуна:

$$Dn_{\text{ЭД}} = 4,1 \cdot (6 \div 28) = 24,6 \div 114,8, \text{ об/хв.}$$



Рисунок 2.7. Моделювання приводу барабану

2.5. Висновки до розділу

- Проведено аналіз структури сушарки та побудовано її кінематичну схему.
- Виконано міцністий розрахунок барабану сушарки в середовищі SOLIDWORKS. Встановили, для забезпечення необхідної міцності барабану в умовах статичних та динамічних навантажень його товщина має становити не менше 16 мм.
- Встановили, що для забезпечення достатньої тривалості перебування зерна в барабані сушарки число обертів останнього має становити 3,18 об/хв.
- Виконано розрахунок приводу барабану. Встановлено, що для приведення в рух барабану даної сушарки необхідно електродвигун із потужністю 16,15 кВт., та кількістю обертів 1148 об/хв.

3. Технологічна частина

3.1. Розроблення технологічної документації на проведення ремонту

Під час проведення ремонтних робіт здійснюється розбирання вузла, деталі якого потребують ремонту. Для цього розробляється відповідна документація, зокрема схема та карта розбирання вузла. Розбирання вузла виконується в певній послідовності, а збирання – у зворотній. До процесу збирання висуваються певні вимоги. Перед збиранням валів і шківів, встановлених на них за допомогою шпонкових з'єднань, перевіряється якість поверхонь деталей, що стикаються, та усуваються будь-які забоїни, задири та заусениці. Розміри призматичних шпонок і пазів регламентуються стандартами. Призматичну шпонку вставляють у паз легкими ударами молотка. Перед збиранням вузлів, підшипники кочення розконсервуються та очищаються, промиваються в бензині або підігрітому до 80°C мінеральному маслі. При установці підшипників на вали та в корпус дотримуються певних правил монтажу. Порядок збирання вузла наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Послідовність складання вузла розподільника.

№ п/п	Опер. та переходи	Інструмент и, матеріал	Тех.вимоги	Фахівець	Норма часу, хв
1	2	3	4	5	6
1	В корпус 4 встановлюємо підшипник 7.	Прес	Підшипник нагріти у до 70...80°C, вручну перевірити легкість оберт.	Слюсар III розряду	2,5

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
2	встановлюємо шайбу	—	без перекоосу	-- // --	1,8
3	встановлюємо підшипник 7	прес	Підшипник нагріти у мастилі до 70...80°C,	-- // --	2,3
4	На вал встановлюємо шпонку 10	прес	без перекоосу	-- // --	2,5
5	встановлюємо шестерню 9	прес	без перекоосу	-- // --	2,5
6	встановлюємо підшипник 13	прес	Підшипник нагріти у мастилі до 70...80°C	-- // --	1,8
7	встановлюємо шпонку 11	прес	без перекоосу	-- // --	2,3
8	встановлюємо зубчасте колесо 12	прес	без перекоосу	-- // --	2,5
9	встановлюємо підшипник 13	прес	Підшипник нагріти у мастилі до 70...80°C	-- // --	2,5
10	встановлюємо ущільнення 17		без перекоосу	-- // --	1,8

Продовження табл.3.1.

1	2	3	4	5	6
11	встановлюємо підшипник 7	прес	Підшипник нагріти у мастилі до 70...80°C,	-- // --	2,3
12	встановлюємо шайбу 16	—	Без перекошення	-- // --	2,5
13	встановлюємо підшипник 7	Прес	Підшипник нагріти у мастилі до 70...80°C	-- // --	2,5
14	встановлюємо корпус 4	Прес	Без перекошення	-- // --	1,8
15	На корпус 18 встановлюємо шайбу 19	—	Без перекошення	-- // --	2,3
16	встановлюємо болт 20 і загвинчуємо	КлючП-8-05	Перевіряємо надійність кріплення		2,5
17	встановлюємо шайбу 5	—	Без перекошення	-- // --	2,5
18	4 встановлюємо ущільнення 6	—	Без перекошення	-- // --	1,8
19	4 встановлюємо шайбу 5	—	Без перекошення	-- // --	2,3
20	встановлюємо ущільнення 6	—	Без перекошення	-- // --	2,5

1	2	3	4	5	6
21	встановлюємо шайбу 5	—	Без перекошення	-- // --	2,5
22	встановлюємо ущільнення 6	—	Без перекошення	-- // --	1,8
23	загвинчуємо гайку 2	КлючП-8-05	Перевіряємо надійність кріплення	-- // --	2,3
24	встановлюємо ущільнення 22	—	Без перекошення	-- // --	2,5
25	загвинчуємо кришку 25	Ключ спец.	Перевіряємо надійність кріплення	-- // --	2,5
26	встановлюємо ущільнення 22	—	Без перекошення	-- // --	1,8
27	встановлюємо манжету 23	—	Без перекошення	-- // --	2,3
28	встановлюємо шайбу 21	Круглогубц і	Без перекошення	-- // --	2,5
29	загвинчуємо кришку 24	Ключ спец.	Перевіряємо надійність кріплення	-- // --	2,5
30	4 встановлюємо ущільнення 27	—	Без перекошення	-- // --	1,8
31	загвинчуємо пробку 28	КлючП-12-05	Перевіряємо надійність кріплення	-- // --	2,3
32	встановлюємо ущільнення 27	—	Без перекошення	-- // --	2,5

1	2	3	4	5	6
33	загвинчуємо пробку 28	КлючП-12- 05	Перевіряємо надійність кріплення	-- // --	3,2

3.2. Дефектування та сортування

При підготовці обладнання до ремонту необхідно дотримуватися порядку, що забезпечує збереження деталей і унеможливорює їх випадкову заміну на деталі інших одиниць технологічного обладнання. Машину слід розбирати у визначеній послідовності: спочатку демонтують кришку, потім привід і чашу.

Під час розбирання вузла визначають ступінь зношення деталей. Перед ремонтними роботами деталі очищають і знежирюють. На спряжені деталі наносять однакові позначки кернером. Величину зношення визначають за допомогою стандартних методик. Місця під підшипники повинні бути чистими, без задирів, подряпин та тріщин; шпонкові канавки повинні мати чисті, без подряпин, паралельні стінки. Розміри канавок перевіряються шаблоном. При перевірці стану різьби звертають увагу на її чистоту обробки. Пошкодження різьби більше ніж на 1,5 витка є недопустимими. Дрібні дефекти виправляють метчиком або плашкою. Розтяг різьби не повинен перевищувати 0,5 кроку на кожні 10 ниток. На гранях гайок чи болтів не повинно бути вм'ятин; отвори під шплінти повинні бути чистими. Підшипники змащуються солідолом Л, М, Т або УСс-1.

Деталі сортують на три групи:

- 1) придатні до використання без ремонту;
- 2) придатні до використання після ремонту;
- 3) повністю зношені деталі і не придатні;

Деталі 1 групи позначають фарбою (зеленою чи жовтою) в місцях, що потребують ремонту. 3 групу позначають червоною фарбою.

Результати заносять в спец.дефектну відомість. Відомість складають під час розбирання деталей для того, щоб визначити об'єм та характер робіт по ремонту обладнання.

ВІДОМІСТЬ ДЕФЕКТІВ

на _____

ремонт

(середній, капітальний)

(обладнання)

інв. № _____ встановленого в _____
 цеху

№ п/п	Деталі, що мають дефект	Дефект	Шляхи усунення	Потрібна кількість запасних деталей і мат.		Трудомісткість, дюдино-годин	Оцінка стану обладнання при здачі
				Найменування	Кількість		
1	Зубчате колесо	Викришування	заміна				Незадовільний
2	Підшипник	Нерівномірне обертання	заміна				Незадовільний
3	Вал	деформації	заміна				Незадовільний
4	Підшипник	Нерівномірне обертання	заміна				Незадовільний
5	Прокладка	значні пошкодження	Заміна				Незадовільний

3.3. Аналіз технічних умов вала

Для характеристики деталі та її технічних умов виготовлення, наведемо ескіз деталі з позначеними поверхнями (рисунок 3.1).

Деталь відноситься до валів та володіє циліндричними та плоскими поверхнями. Робочими поверхнями деталі є В, Е, І. Основні базисні поверхні, за якими визначається положення деталі в вузлі, це поверхні Ж, З, Н.

Допоміжні базисні поверхні, за допомогою яких визначається положення інших деталей у вузлі відносно даної деталі, це поверхні 4 і частково 7. Вільні поверхні не виконують ніякого призначення, вони потрібні для отримання замкнутого геометричного контуру на робочому кресленні, це А, Б, Д, Ї,Й.

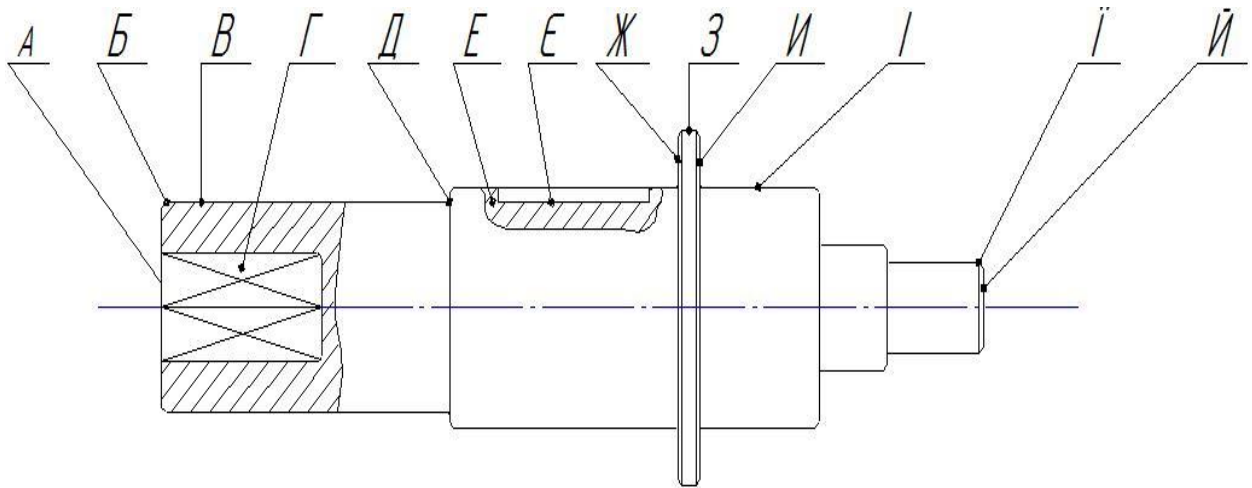


Рисунок 3.1. Ескіз валу із позначенням поверхонь.

Деталь виготовлена з сталі 40Х ГОСТ 5632-72 механічні властивості якої приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 3.2. Хім. склад сталі 40X

C.	Si.	Mn.	Ni.	Cr.	S.	P.	Ti.
0,38- 0,42	0,17- 0,31	0,5-0,8	0,08	0,86- 1,12	0,04	0,04	0,08

Таблиця 4.6 - Механічні властивості сталі 40X

Межа міц. σ_B , МПа	Межа тек., σ_T , МПа	Межа витр. при згині, σ_{-1} , МПа	Твердість, МПа	Відносне видовж., %
500-570	380-450	340-400	1680	21-23

Аналіз технічних умов зводимо у таблицю 3.3

Таблиця 3.3 Аналіз технічних умов деталі

Позн. поверхні	Технічна умова	Метод	Метод контролю
1	2	3	4
А, Й	точності по 14 кв. з чистотою поверхні Ra 12,5	-Чорноветочіння	Штангенциркуль ШЦ-2-250-0,1 Профілограф ПМД2
Б, Ї	точності по 14 кв.	-Чорноветочіння	Фаскомір, або шаблон

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
В,Е,І	Заб.точності по 6 кв. і шорсткість 6,3	Точіння: чорнове напівчистове шліфування чистове шліфування тонке	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 Профілограф ПМД2
Д,Ж,И	Заб. точності по 14 кв. і шорсткість 12,5	-Чорнове точіння	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 Профілограф ПМД2
З	Заб.точності по 10 кв. і шорсткість 12,5	-Напівчистове точіння -Чистове точіння	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 Профілограф
Г	Заб.точності по 14 кв. і шорсткість 12,5	Фрезерування пальцевою фрез.	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 Профілограф ПМД2
Є	Заб. точності по 7 кв. і шорсткість 6,3	Фрезерування шпоночною фрез.	

3.4. Розроблення тех. процесу виготовлення вала

3.4.1. Вибір і обґрунтування заготовки

Метод одержання заготовки для деталей машин визначається призначенням, конструкцією деталі, матеріалом, типом виробництва і економічністю виготовлення.

Заготовку для даної деталі при одиничному типі виробництва можна отримати штамповкою, або з прокату.

Штамповки рекомендується використовувати, коли маса штамповки відрізняється від маси заготовки з прокату більше ніж на 15 %.

Заготовку для отримання даної деталі приймаємо прокат по 12 кв. точності $d=63$ мм. і довжиною $l=184$ мм..

Визначаємо масу деталі і масу заготовки.

$$V_1 = \pi R^2 H = 41,7 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \pi R^2 H = 31,1 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \pi R^2 H = 8,5 \text{ см}^3$$

$$V_4 = \pi R^2 H = 30,9 \text{ см}^3$$

$$V_5 = a * b * H = 5,0 \text{ см}^3$$

$$V_6 = a * b * H = 0,4 \text{ см}^3$$

$$V_7 = 1/3(R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2) * H = 0,3 \text{ см}^3$$

$$V_8 = V_7 - a * b * H = 0,02 \text{ см}^3$$

$$V_d = 107 \text{ см}^3$$

$$m_d = V_d * \rho = 0,1 \text{ кг}$$

$$V_{\text{зар}} = \pi * R^2 * H = 3,14 * 2,8^2 * 20 = 492,352 \text{ см}^3$$

$$m_3 = V_{\text{зар}} * \rho = 0,35 \text{ кг}$$

Вартість одержання заготовки

$$S_{\text{зар}} = \frac{s * m}{1000} = \frac{1000 * 0,35}{1000} = 0,35$$

Визначення коефіцієнта використання матеріалу

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу, який рівний відношенню маси готової деталі до маси заготовки

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{0,1}{0,35} = 0,3$$

Розрахуємо припуск на пов. E під підшипник $\varnothing 35$ к6, для якої $Ra = 0,63$.

Визначимо необхідну кількість переходів за формулою:

$$n = \frac{\lg(\varepsilon)}{0,46};$$

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{з}}}{T_{\text{д}}};$$

де $T_{\text{з}}$ – допуск заготовки, мкм;

$T_{\text{д}}$ – допуск деталі, мкм;

$T_{\text{з}} = 390$ мкм для $\varnothing 38$ при IT 13;

$T_{\text{д}} = 16$ мкм для $\varnothing 35$ при IT 6.

Тоді.

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{з}}}{T_{\text{д}}} = \frac{390}{16} = 24,37;$$

$$n = \frac{\lg(\varepsilon)}{0,46} = \frac{\lg(24,37)}{0,46} = 3 \text{ переходи.}$$

Точно задану точність можна досягти за три переходи, дворазове чорнове точіння і чистове точіння.

За таблицями знаходимо для кожного переходу шорсткість, глибину дефектного шару, відхилення і похибку базування.

Прокат $Rz = 150$ мкм; $T = 250$ мкм. ([4] с.66 табл. 27).

Чорнова обробка різцем

$Rz = 50$ мкм; $T = 50$ мкм..

Напівчистова обробка різцем

$$R_z = 25 \text{ мкм}; \quad T = 30 \text{ мкм}.$$

Чистова

$$R_z = 5 \text{ мкм}; \quad T = 15 \text{ мкм}.$$

Визначимо відхилення за формулою

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2};$$

$$\Delta_k = 0,5 \text{ мкм/мм.},$$

Довжина, на якій розглядається відхилення $l = 63 \text{ мм.}$ Тоді.

$$\rho_k = L \cdot \Delta_k = 63 \cdot 0,5 = 31,5 \text{ мкм};$$

$$\rho_y = 0,25 \text{ мм}.$$

Підставивши у формулу визначимо відхилення ρ .

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2} = \sqrt{30^2 + 250^2} = 262 \text{ мкм};$$

Після чорнового обточування

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 262 = 15,7 \text{ мкм};$$

Після кінцевого обточування

$$\rho_1 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 262 = 10,5 \text{ мкм};$$

Похибка базування $\varepsilon = 0$ (самоцентруючий патрон) ([4] с.76 табл.18).

Розраховуємо мінімальні припуски.

Попереднє обточування

$$2 \cdot z_{\min 1} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (150 + 250 + 262) = 2 \times 662 \text{ мкм}.$$

Кінцеве обточування

$$2 \cdot z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 15,7) = 2 \times 115,7 \text{ мкм}.$$

Шліфування

$$2 \cdot z_{\min 3} = 2 \cdot (25 + 30 + 10,5) = 2 \times 65,5 \text{ мкм}.$$

Таблиця 3.4. – Зведена таблиця припусків і допусків поверхні Ø 35 к6 вала розподільника шприца вакуумного марки «Компо – міні 1500»

Технологічні переходи обр. поверхні.	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2z_{min}$ мкм	Розрахунковий розмір d_p мм.	До-Пуск δ , мкм	Граничні розміри, мм.		Граничні значення припусків, мкм	
	R	T	ρ	Квалі - тет.				d_{min}	d_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Заготовка	1										
	5	250	262	13		36,706	390	35,71	36,10	-	-
0											
Обточування попердне	5	50	15,7	10	1324	35,382	100	35,39	35,49	320	610
	0										
Обточування кінцеве	2	30	10,5	8	231	35,151	39	35,16	35,20	230	290
	5										
Шліфування	5	15	-	6	131	35,02	16	35,02	35,04	140	160
Всього										690	1060

Розрахункові діаметри.

$$d_{p1} = 35,02 + 2 \cdot 0,0655 = 35,151_{\text{мм.}};$$

$$d_{p2} = 35,151 + 2 \cdot 0,1157 = 35,382_{\text{мм.}};$$

$$d_{p3} = 35,382 + 2 \cdot 0,662 = 36,706_{\text{мм.}}$$

Найбільші граничні розміри.

$$d_{\text{max}3} = 35,02 + 0,016 = 36,036_{\text{мм.}};$$

$$d_{\text{max}2} = 35,16 + 0,039 = 35,20_{\text{мм.}};$$

$$d_{\text{max}1} = 35,39 + 0,10 = 35,49_{\text{мм.}};$$

$$d_{\text{max}} = 35,71 + 0,39 = 36,10_{\text{мм.}}$$

Граничні значення припусків.

$$2 \cdot z_{\text{max}1} = 36,10 - 35,49 = 0,61_{\text{мм.}};$$

$$2 \cdot z_{\text{max}2} = 35,49 - 35,20 = 0,29_{\text{мм.}};$$

$$2 \cdot z_{\text{max}3} = 35,20 - 35,04 = 0,16_{\text{мм.}};$$

$$2 \cdot z_{\text{min}3} = 35,16 - 35,02 = 0,14_{\text{мм.}};$$

$$2 \cdot z_{\text{min}2} = 35,39 - 35,16 = 0,23_{\text{мм.}};$$

$$2 \cdot z_{\text{min}1} = 35,71 - 35,39 = 0,32_{\text{мм.}}$$

Номинальний припуск

$$z_{\text{nom}} = z_{\text{min}} + ei_{i-1} + ei_i = 1690 + 19 + 46 + 120 = 1875_{\text{мкм}};$$

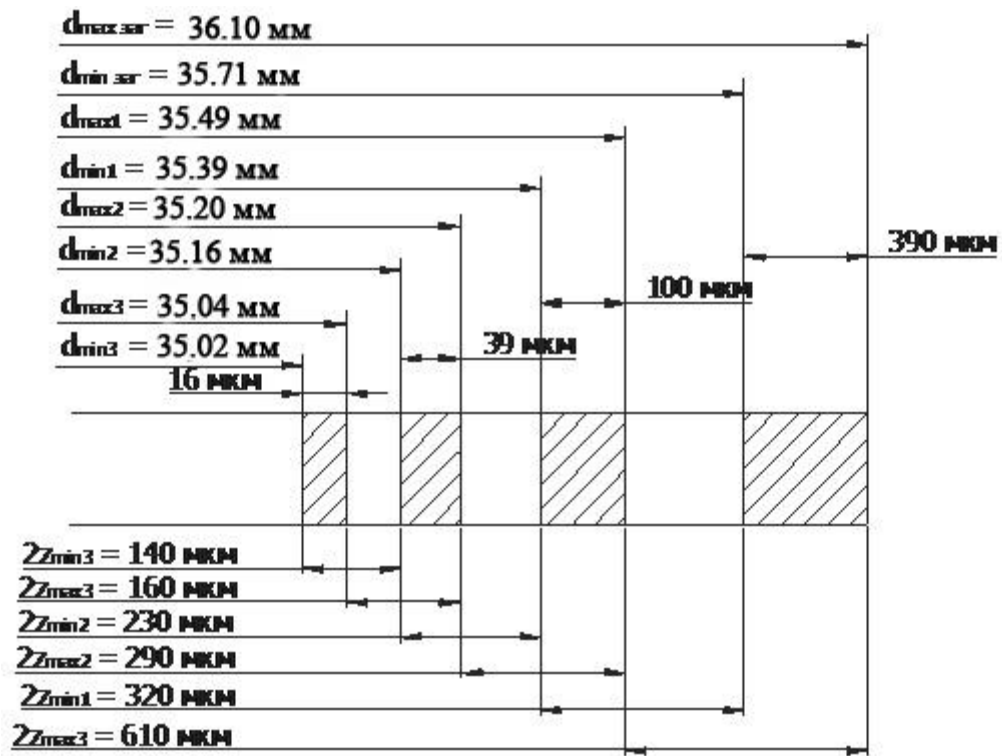


Рисунок 3.2. Схема графічного розміщення припусків і допусків на пов.

Ø35к6 вала

3.4.2. Розроблення тех. маршруту мех.. обробки вала

Маршрут виготовлення вала складаємо у вигляді таблиці

Таблиця 3.5. Маршрут мех.. обробки тех. процесу виготовлення вала

№ операції.	Назва опер. (переходу)	Оброблювана поверхня	База ва поверхня	Обладнання
1	2	3	4	5
005уст. А	<p>Токарно-гвинторізна</p> <p>1. Підрізати торець в розмір 182.</p> <p>2.Точити пов. Ø59 довжиною 67 мм..</p> <p>3. Точити пов. Ø40 довжиною 63 мм..</p> <p>4. Точити пов. Ø21 довжиною 36 мм..</p> <p>5. Точити пов. Ø15 довжиною 21 мм..</p> <p>6. Точити фаску 1x45°.</p>	Й,З,И, І, Ї	Зовнішня поверхня заготовки	Токарно-гвинторізний верст. 16К20
Продовження таблиці 4.10				

<p>устан ов Б</p>	<p>Токарно-гвинторізна</p> <p>7.Підрізати торець в розмір 180.</p> <p>8.Точити пов. Ø59 довжиною 118 мм..</p> <p>9Точити пов. Ø40 довжиною 113 мм..</p> <p>10Точити пов. Ø35 довжиною 63 мм..</p> <p>11 Точити фаску 1x45°.</p>	<p>А,З,Е,Ж,Е, Ж,В,Д,Б</p>	<p>Попере дньо обробле на поверхн я І і І</p>	<p>Токарно-гвинторізний верст. 16К20</p>
<p>010</p>	<p>Фрезерна</p> <p>1Фрезерувати шпоночний паз 4js7 на довж. 33 мм..</p>	<p>Є</p>	<p>В, І</p>	<p>Широкоуніверсальний фрезерний верст. мод. 676П</p>

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5
015	Фрезерна 1.Фрезерувати квадрат 18 мм. на глибину 35 мм..	Г	І, И	Широкоуніверсальний фрезерний верст. мод. 676П
020 установ А	Круглош- ліфувальна 1Шліф. пов. Ø40,3 мм. на довж. 26 мм.. 2Шліф. пов. Ø40 мм. на довж. 26 мм..	І	Е, Ж	Круглошліфувальний верст. мод. 3М150
установ Б	Круглош- ліфувальна 3.Шліф. пов. Ø40,3 мм. на довж. 50 мм.. 4Шліф. пов. Ø40 мм. на довж. 50 мм.. 5.Шліф. пов. Ø35,3 мм. на довж. 63 мм.. 6Шліф. пов. Ø35 мм. на довж. 63 мм..	Е	І, И	Круглошліфувальний верст. мод. 3М150

3.4.3. Вибір ріжучого і вим. інструменту

Таблиця 4.11 Вибір ріжучого і вим. інструменту.

№ опер.	Назва опер.	Інструмент	
		Ріжучий	Вимірювальний
005 уст. А, Б.	Токарно-гвинторізна	Різець прохідний упорний з $\varphi=90^0$ з пластиною з твердого сплаву Т15К6 2103-1057 ГОСТ 18879-73 Різець прохідний з $\varphi=45^0$ з пластиною з твердого сплаву 2112-1062 ГОСТ 18983-73 Різець підрізний 2334 ГОСТ 18463 – 73	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ 166 – 80 – // – – // – – // –
010	Фрезерна	Шпоночна фреза 2234-7515 ГОСТ 9140-78	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ 166 – 80
015	Фрезерна	Фрезерна 2883-6822 ГОСТ 9343-82	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 400 ГОСТ 166 – 80
020 уст. А, Б	Шліфувальна	Круг шліфувальний ПП250*80*40 25А25ПСМ15К5 50м/с. А1КЛ ГОСТ 2424-83	– // –

3.4.4. Розрахунок режимів різання по операціях

Операц. 005 Токарно-гвинторізна

Пер. 2 Точити пов. до $\varnothing 40$ на довж. 26 мм.

Верст. 16к20

Різальний інструм. –різець прохідний із пластиною твердого сплаву Т15К6

Глибина різання $t=2$ мм.

Подача $S=0,2$ мм./об

Швидкість різання $V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_{mv}$, м/хв

де, C_v –постійний коеф., $C_v=292$

T – період стійкості різця, $T=120$

M, X, Y – коеф.

K_{mv} –поправочний коеф. швидкості

$$K_{mv} = \frac{750}{\delta_{ep}} = \frac{750}{650} = 1,15$$

$C_v=292$ $M=0,35$ $X=0,15$

$Y=0,3$ $T=120$

$$V = \frac{292 \cdot 1,15}{120^{0,35} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,3}} = 89,1 \text{ м/хв}$$

Число об. шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 89,1}{3,14 \cdot 40} = 507 \text{ об/хв}$$

Коректуємо числа об. шпинделя:

$N=500$ об/хв

Дійсна шв. різання

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 500}{1000} = 91,4 \text{ м/хв.}$$

Ефективна потужність різання розраховується за формулою

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \text{кВт.}$$

де P_z – вертикальна сила різання, Н

$$P_z = 10 C_{pz} t^x s^y V^n K_m \cdot H \quad [1.c.378]$$

$$C_{pz}=384; X_p=0,9; V=0,9; N=-0,15 \quad [1,c.378]$$

$$K_m = \frac{\delta p}{750} = \frac{650}{750} = 0,87$$

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 2,0^{0,9} \cdot 0,2^{0,9} \cdot 91,4^{-0,15} \cdot 0,87 = 920 \text{ Н}$$

$$N_e = \frac{920 \cdot 91,4}{60 \cdot 1020} = 1,37 \text{ кВт.}$$

$$\text{Основний час } T_o = \frac{L}{n \cdot s}, \text{ хв.}$$

$$L = l + l_1 + l_2 = 26 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{26}{520 \cdot 0,2} = 0,25 \text{ хв..}$$

На другі опер. режими різання позначаємо по нормативах і заносимо в таблицю 3.12

Таблиця 3.12 – Розрахунок режимів різання

№ Оп.	Назва опер. переходи	L, мм.	t, мм.	S, мм./об	S _m , мм./об	n, об/хв.	V, м/хв.	T _o , хв.	N, кВт	
	2	3	4	6	7	8	9	10	11	
05	Токарно-гвинторізна									
	1. Підрізати торець в розмір 182.	2	2,0	0,2	-	520	91,4	0,12	0,8	
	2. Точити пов. Ø59 довжиною 67 мм..	67	2,0	0,2	-	520	91,4	0,87	1,37	
	Продовження таблиці 4.12									
	3. Точити пов. Ø40 довжиною 63 мм..	63	6,0	0,2	-	520	91,4	0,83	4,2	
4. Точити пов. Ø21 довжиною 36 мм..	36	2,0	0,2	-	520	45,7	1,56	0,1		

	5. Точити пов. Ø15 довжиною 21 мм..	21	1,0	0,3	-	630	5,4 ⁵	0,48	0,6
	6. Точити фаску 1x45°.	1	2,0	0,2	-	520	49,8	0,01	0,1
	Токарно- гвинторізн а								
	7. Підрізати торець в розмір 180.	2	2,0	0,2	-	520	1,4 ⁹	0,12	0,8
	8. Точити пов. Ø59 довжиною 118 мм..	118	2,0	0,2	-	520	91,4	0,87	1,2
	9. Точити пов. Ø40 довжиною 113 мм..	113	3,5	0,2	-	520	1,4 ⁹	2,56	3,2
	10. Точити пов. Ø35 довжиною 63 мм..	63	1,0	0,3	-	630	65,3	0,54	0,6
	11. Точити фаску 1x45°.	1	2,0	0,2	-	520	49,8	0,01	0,1
10	Фрезерна								
Продовження таблиці 4.12									
	1. фрезерувати шпоночний паз 4js7 на довж. 33 мм..	33	1	-	200	800	10	3,9	0,8
15	Фрезерна								
	1. Фрезерувати квадрат 18 мм. на глибину 33 мм..	33	-	-	200	800	10	6,7	1,3

20	<i>Кругло-шліфувальна</i>									
	<i>1. Шліф. пов. Ø40,3 мм. на довж. 26 мм..</i>	26	0,35	02	0,0	-	160	12,6	0,78	0,4
	<i>2. Шліф. пов. Ø40 мм. на довж. 26 мм..</i>	26	0,15	02	0,0	-	160	7,2	0,78	0,3
	<i>Круглошліфувальна</i>									
	<i>3. Шліф. пов. Ø40,3 мм. на довж. 50 мм..</i>	50 0,35			0,002	-	160	12,6	0,78	0,4
	<i>4. Шліф. пов. Ø40 мм. на довж. 50 мм..</i>	50	0,15		0,002	-	160	7,2	0,78	0,3
	<i>5. Шліф. пов. Ø35,3 мм. на довж. 63 мм..</i>	63	0,35		0,002	-	160	12,6	0,78	0,4
	<i>6. Шліф. пов. Ø35 мм. на довж. 63 мм..</i>	63	0,15		0,002	-	160	7,2	0,78	0,3

3.4.5. Вибір обладнання і його технічні характеристики

Токарно-гвинторізний верст. 16К20

Технічні характеристики	16К20
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки:	
-над станиною	400
-над супортом	220
найбільша довжина оброблюваної заготовки	710
Крок нарізувальної різі:	
-метричної	0,5-112
-дюймової(число ниток на дюйм)	56-0,5

-пiтчевої,пiтч	56-0,5
-модульної,модуль	0,5-112
Частота обертання шпинделя,об/хв.	12,5-1600
Число швидкостей шпинделя	22
Найбiльше перемiщення супорта:	
-повздовжнє	645-1935
-поперечне	300
Подача супорта мм./об	
-поперчна	0,025-1,4
-повздовжня	0,05-2,8
Число ступеней подач	24
Потужнiсть електродвигуна головного приводу,кВт.	11
Габаритнi розмiри:	
-довжина	2505
-ширина	1190
-висота	1500
Маса,кг	2835

Фрезерний широкоуніверсальний верст. 676П

Технічні характеристики	6
	76П
Розмір робочої поверхні стола	250*630
Найбільше переміщення:	
-вертикального стола	400
-поздовжне	380
-шпиндельної бабки	250
Найбільший кут повороту вертикальної головки, ⁰	90 ⁰
Відстань до робочої поверхні горизонтального стола:	
-від осі горизонтального шпинделя	80-460
-від осі вертикального шпинделя	0-380
Частота обертання шпинделів,об/хв.	50-1650
Поздовжня,поперечна,вертикальна подачі,мм./хв.	13-395
Потужність електродвигуна,кВт.	2,2
Габаритні розміри:	
-довжина	1285
-ширина	1215
-висота	1780
Маса,кг	910

Круглошліфувальний верст. 3М150

Технічні характеристики	3м150
Найбільші розміри встановлюваної заготовки:	
-діаметр	100
-довжина	360
Рекомендований діаметр шліфування	10-45
Найбільша довжина шліфування	340
Найбільше переміщення стола	400
Частота обертання,об/хв.	100-1000

Конус морзе шпинделя передньої бабки і пінолі задньої бабки	3
Найбільші розміри шліфувального круга:	400
-діаметр	40
-висота	2350
Частота обертання шліфувального круга,об/хв.	4
Потужність електродвигуна,кВт.	
Габаритні розміри:	2500
-довжина	2220
-ширина	1920
-висота	2600
Маса,кг	

3.4.6. Технічне нормування технологічного процесу. визначення необхідної кількості обладнання і величини його завантаження

Технічні норми часу встановлюються розрахунково-аналітичним способом.

Штучний час на операцію:

$$T_{ум} = T_0 + T_g + T_{обсл} + T_{відп} = T_{он} + T_{обсл} + T_{відп}$$

де T_0 - основний час, хв.

T_g - допоміжний час, хв.

$T_{обсл}, T_{відп}$ - час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби, хв.

$T_{он}$ - оперативний час, хв.

$$T_{он} = T_0 + T_g$$

Розраховуємо норму штучного часу на операцію 005 Токарно-гвинторізну.

Основний час на операцію: $T_0 = 2.8 \text{ хв}$

Підраховуємо об'єм допоміжної роботи і час на її виконання.

1) встановити заготовку і зняти

Штучний час на операцію:

$$t_{ум} = T_0 + t_\delta + t_{обсл} + t_{відп}$$

де T_0 - основний час, хв.

t_δ - допоміжний час, хв.

$t_{обсл}, t_{відп}$ - час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби, хв.

$t_{он}$ - оперативний час, хв.

$$T_{он} = T_0 + T_\delta$$

Розраховуємо норму штучного часу на операцію 005 Токарно-гвинторізну.

Основний час на операцію: $t_o = 2.8 \text{ хв}$

Підраховуємо об'єм допоміжної роботи і час на її виконання.

2) встановити заготовку і зняти

$$t_{\text{уст}} = 0,24 \text{ хв} \quad [2, \text{с}54]$$

3) час на керування верст.ом

$$T_k = 0,12 \text{ хв} \quad [2, \text{с}95]$$

3) час на вимірювання

$$t_{\text{вим}} = 0,11 \text{ хв} \quad [2, \text{с}119]$$

Загально допоміжний час

$$t_{\text{д}} = t_{\text{уст}} + t_k + t_{\text{вим}}$$

$$t_{\text{д}} = t_{\text{уст}} + t_k + t_{\text{вим}} = 0,24 + 0,12 + 0,1 = 0,47 \text{ хв}$$

Оперативний час на операцію

$$t_{\text{оп}} = 2.8 + 0.47 = 3,27 \text{ хв}$$

Час на обслуговування і відпочинок

$$T_{\text{обсл,відп}} = \frac{6 \cdot 3,27}{100} = 0,2 \text{ хв}$$

Штучний час на операцію

$$T_{\text{шт}} = 3,27 + 0,2 = 3,47 \text{ хв}$$

Аналогічно проводимо розрахунки на інші опер. і дані записуємо в таблицю 4.13

Таблиця 3.13.– Розрахунок штучного часу по операціях технологічного процесу

№ опер	Назва опер.	T _о , хв.	T _{уст} , хв.	T _к , хв..	T _{вим} , хв.	T _г , хв.	T _{оп} , хв.	T _{обсл,відп} , хв.	T _{шт} хв.
005 уст. А	Токарно- гвинторізна	0,12	0,015	0,005	0,01	0,15	0,005	0,01	0,005
		0,87	0,03	0,02	0,02	0,94	0,03	0,02	0,03
		0,83	0,07	0,085	0,065	1,05	0,08	0,06	0,06
		0,01	0,002	0,002	0,0015	0,0155	0,0015	0,0015	0,0015
		0,28	0,015	0,01	0,01	0,315	0,01	0,01	0,005
		0,12	0,02	0,0015	0,0015	0,143	0,01	0,01	0,007
		0,12	0,015	0,005	0,01	0,15	0,005	0,01	0,005
уст. Б	Токарно- гвинторізна	0,87	0,02	0,012	0,014	0,916	0,025	0,02	0,019
		3,56	0,06	0,04	0,08	3,74	0,07	0,05	0,03
		0,54	0,03	0,03	0,025	0,625	0,02	0,03	0,035
		0,48	0,07	0,065	0,05	0,665	0,085	0,07	0,04
		0,29	0,035	0,033	0,04	0,398	0,027	0,03	0,025
		0,01	0,0005	0,0005	0,0015	0,0125	0,0015	0,0015	0,0045
		0,87	0,02	0,012	0,014	0,916	0,025	0,02	0,019
010	Фрезерна	5,9	0,04	0,03	0,04	6,01	0,03	0,02	1,24
015	Фрезерна	5,4	0,04	0,03	0,04	5,51	0,03	0,02	1,14
020 уст. А	Шліфувальна	0,63	0,035	0,025	0,015	0,705	0,03	0,02	0,025
		0,63	0,035	0,025	0,015	0,705	0,03	0,02	0,025
		0,63	0,035	0,025	0,015	0,705	0,03	0,02	0,025
уст. Б	Шліфувальна	0,63	0,035	0,025	0,015	0,705	0,03	0,02	0,025
		0,63	0,035	0,025	0,015	0,705	0,03	0,02	0,025
		0,63	0,035	0,025	0,015	0,705	0,03	0,02	0,025

Коеф. завантаження верст.у η_3 визначається як відношення розрахункової кількості верст.ів m_n

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n};$$

Розрахункову кількість верст.ів не визначаємо, тому що не відома програма випуску деталі (вала), а враховуючи використання верст.ів в ремонтному цеху підприємства приймаємо $m_n = 1$

Коеф. завантаження верст.ів по основному часу

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{um}} \quad ([4] \text{ с. 115})$$

показує долю машинного часу в загальному часу роботи верст.а

$$\eta_0^{005} = \frac{2,8 + 7,1}{3,47 + 8,19} \cdot 100 = 0,85 = 85\% \quad (\text{токарно-гвинторізна})$$

$$\eta_0^{010} = \frac{7,3}{8,14} \cdot 100 = 89\% \quad (\text{фрезерна})$$

$$\eta_0^{015} = \frac{6,7}{7,13} \cdot 100 = 94\% \quad (\text{фрезерна})$$

$$\eta_0^{020} = \frac{0,7 + 1,4}{1,65 + 2,59} \cdot 100 = 50\% \quad (\text{круглошліфувальна})$$

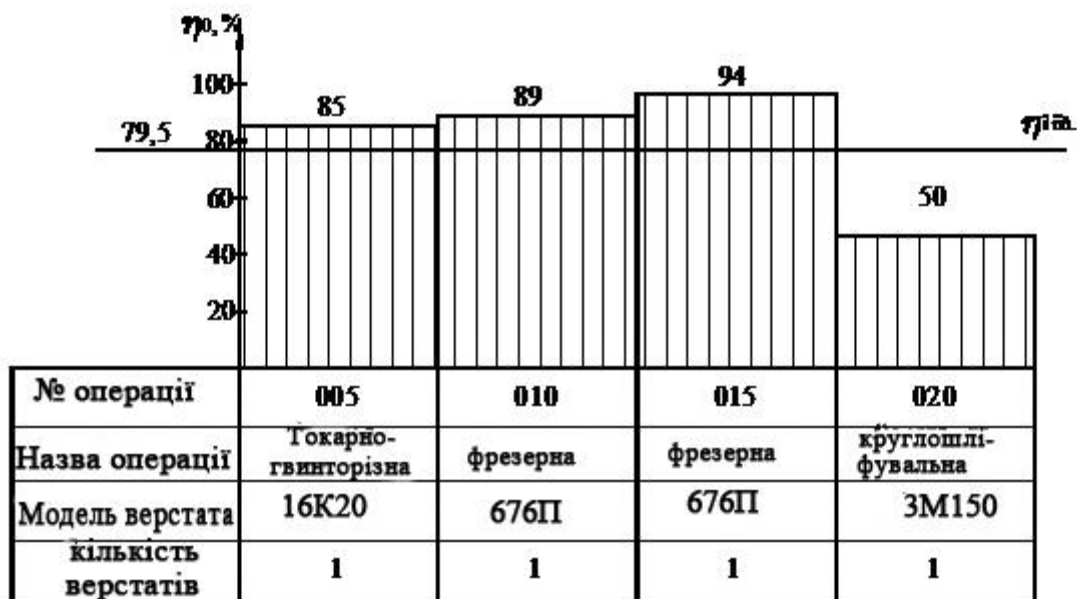


Рисунок 3.5. – Графік завантаження обладнання по основному часу
 Довантаження верст.у 3М150 здійснюється механічною обробкою деталей аналогічного типу других найменувань.

Коеф. використання обладнання по потужності:

$$\eta_n = \frac{N_{on}}{N_{верст}};$$

де N_{on} - потужність необхідна для виконання опер.;

$N_{верст}$ - потужність електродвигуна верст.а.

$$\eta_n^{005} = \frac{4,8 \cdot 100}{11} = 43,6\% \quad (\text{токарно-гвинторізна})$$

$$\eta_p^{010} = \frac{1,3 \cdot 100}{2,3} = 56,5\% \quad (\text{шпоночно-фрезерна})$$

$$\eta_p^{015} = \frac{1,6 \cdot 100}{2,3} = 69\% \quad (\text{фрезерна})$$

$$\eta_p^{020} = \frac{3,4 \cdot 100}{7,5} = 45,3\% \quad (\text{круглошліфувальна})$$

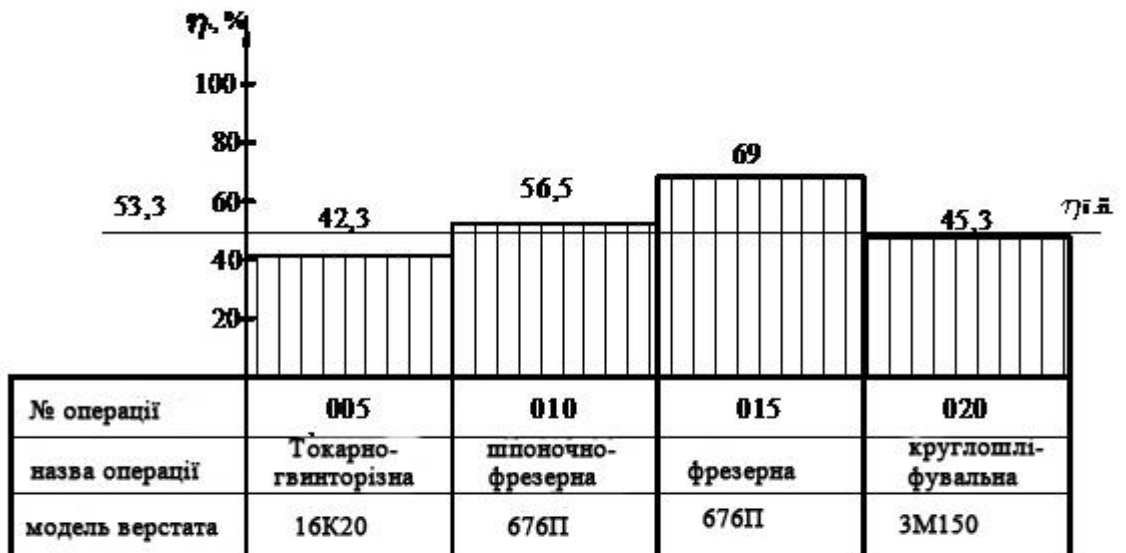


Рисунок 3.6. Графік використання обладнання по потужності.

4. Безпека життєдіяльності та основи хорони праці

4.1 Аналіз умов праці у галузі

Умови праці це сукупність факторів виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини в трудовому процесі. Ці фактори поділяють на шкідливі і небезпечні. Вплив шкідливих факторів на працюючих в певних умовах приводить до травми або іншого різкого погіршення здоров'я, а небезпечних до захворювання або зниження працездатності.

Фактори відрізняються не тільки кінцевими, несприятливими для людини результатами, що залежать від рівня виробничого фактора, але і тривалістю дії. Для небезпечного фактора характерне миттєва, а для шкідливого – довготривала дія, але в ряді випадків шкідливі наслідки, викликані короткотривалою дією шкідливого фактора розглядаються на рівні з травмами, розслідуються і облікуються як небезпечні випадки на виробництві. До них відносяться: гострі отруєння, теплові удари, обмороження а також ураження блискавкою на виробництві.

Вплив на людину шкідливого фактора може привести до травми, наприклад, одноманітна праця, через одноманітні операції настає втома, що приводить до зниження працездатності і уваги.

Останнє в травмонебезпечних ситуаціях може привести до невчасно прийнятого правильного або прийняттю неправильного рішення і закінчиться травмою. За природою дії шкідливі і небезпечні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Вплив на людину шкідливого фактора може привести до травми, наприклад: через одноманітні операції настає втома, що приводить до зниження працездатності і уваги. Останнє в травмонебезпечних ситуаціях може привести до невчасно прийнятого правильного або прийняттю неправильного рішення і закінчиться травмою. За природою дії шкідливі і

небезпечні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Фізичні фактори: рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи обладнання, рухомі вироби, заготовки і матеріали; підвищена або знижена температура поверхні обладнання, матеріалів повітря робочої зони; вологість і рухомість повітря; небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі; підвищений рівень шуму, вібрації, інфрачервоного і ультразвуку; підвищення або нестача природного освітлення, відсутність світла, недостатнє освітлення робочої зони, підвищена яскравість світла, блиск, підвищена пульсація світлового потоку; гострі краї, шорсткості на поверхні обладнання, інструмента заготовок; розміщення робочих місць на значній висоті від підлоги; підвищений рівень УФ і ГЧ радіації; електромагнітні випромінювання, статична електрика; підвищена напруга електромагнітних полів; підвищена або знижена іонізація повітря; підвищений рівень іонізуючого випромінювання в робочій зоні; підвищений або знижений барометричний тиску в робочій зоні і його різка зміна.

Для хлібопекарних, макаронних, кондитерських, цукрових, бродильних виробництв характерними є більшість із наведених шкідливих і небезпечних факторів. Наприклад: на хлібозаводах в багатьох випадках зовнішня поверхня печей перевищує температуру допустиму за санітарну норму 45°C , а температура газовідвідних каналів і труб через відсутність ізоляції становить $55\text{-}245^{\circ}\text{C}$. В приміщеннях багатьох підприємств виділяється пара. Температура повітря в літній час в ряді випадків на робочому місці складає $30\text{ - }38^{\circ}$. Печі є джерелом ГЧ радіації.

Хімічні фактори. Речовини, які проникають в організм людини через дихальні шляхи, шкіру чи травну систему можуть виявляти загально токсичне; подразнюючу слизові носа, рота, очей; алергічну; мутагенну дії, а також впливати на репродуктивну функцію людини. На виробництвах харчової промисловості фактори цієї групи мають достатньо широке розповсюдження при технічних процесах (видалення сірчаного газу, оксидів

азоту з печей, диму і шкідливих речовин при підгорянні масла або продукції, CO₂ при обмороженні та інші).

Біологічні фактори. Поділяються на хвороботворні мікроорганізми і макроорганізми перші проникають в вигляді бактерій, вірусів, риккетсій, бактеріоподібні нерухомі організми що викликають інфекційні захворювання, спірохет, грибів і найпростіших.

Мікроорганізми поділяють на організми рослинного, і тваринного походження. Ці фактори зустрічаються в цукрових, хлібопекарських і бродильних виробництвах.

Психофізіологічні фактори. Поділяють на фізичні і нервово-психологічні перевантаження перші включають статичні, динамічні, навантаження гіподинамію. М'язові статичні навантаження особливо погано впливають на працездатність. Вони поділяються на легкі (людина у вільній позі), середні (якщо вимушена поза складає 10-25% часу зміни), тяжкі (вимушена поза 50%) і дуже тяжкі >50%. Психоневрологічні перевантаження поділяють на розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження.

До професійних захворювань відносять захворювання які виникають при дії на працюючих специфічних для даної професії шкідливих виробничих факторів, а також захворювання які зустрічаються серед контактуючих з цими факторами людей на роботі частіше ніж при інших умовах. До них відносяться захворювання що є наслідком ускладнень, прямих наслідків або різкого погіршення яких-небудь інших захворювань, що самостійно не носять професійного характеру, але викликані професійним захворюванням.

Професійні захворювання розвиваються в результаті більш або менш тривалого періоду роботи протягом якого в організмі під дією шкідливих факторів нагромаджується критична маса токсичної чи шкідливої речовини (газу, пари, пилу) а також якщо в ньому проходять поступові зміни

фізіологічних функцій окремих органів системи (шум, вібрація, мікроорганізми, фізичні чи емоційні перевантаження).

Період нагромадження цих змін до моменту прояву називають періодом прихованого розвитку професійного захворювання. Він може складати 1-2 або навіть 20-30 років. При використанні на виробництві професійних заходів. Професійні захворювання можуть не проявитися протягом усього стажу роботи.

У випадку встановлення у працівника професійного захворювання йому можуть назначити допомогу по тимчасовій непрацездатності, пенсію по інвалідності, а також може розглядатися питання про компенсацію підприємством збитків здоров'ю.

4.2. Огляд заходів поліпшення стану виробничого середовища

Вимоги безпеки технічних процесів закладаються при їх проектуванні. Тому облік вимог безпеки при розробці і здійсненні технічних процесів має велике профілактичне значення для попередження виробничого травматизму. Безпека виробничих процесів забезпечується комплексом проектних і організаційних рішень, які передбачають відповідний вибір технічних процесів, робочих операцій і порядку обслуговування обладнання; виробничого обладнання і умов його розміщення; способу зберігання і транспортування вихідних матеріалів, заготовка напівфабрикатів і готової продукції, а також видалення відходів виробництв; засобів захисту працюючих. Велике значення має правильний розподіл функцій між людиною і обладнанням з метою зменшення важкості і напруженості трудового процесу, забезпечення його безпеки. Виробничі процеси мають бути пожежно і вибухо безпечними, а також не повинні забруднювати середовище викидами шкідливих речовин і не бути джерелами шкідливих фізичних факторів (шуму, вібрації і т.д.). Технологічні процеси виробництв

дуже різноманітні, однак є ряд загальних вимог здійснення яких сприяє їх безпеці, а саме:

- усунення безпосереднього контакту людей з вихідними речовинами, матеріалами і відходами виробництв, що впливають на працівників шкідливо;

- зміна технологічних процесів і операцій пов'язаних з виникненням шкідливих і небезпечних факторів, процесами і операціями, на яких ці фактори відсутні або можливість їх прояву мінімальна;

- використання дистанційного управління усунути неможливо; - забезпечення герметизації і теплоізоляції виробничого обладнання, проведення процесів під вакуумом що запобігає видаленню шкідливих речовин в робочу зону;

- оснащення обладнання засобами колективного захисту працюючих від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів;

- заміна складних багатостадійних процесів чи шкідливого фактора більш безпечними і простими, шляхом усунення побічних та небезпечних операцій. перехід від періодичного процесу до безперервного;

- використання систем безперервного контролю і управління технологічними процесами;

Захист та засоби щодо колективного та індивідуального захисту працюючих.

Засіб захисту на виробництві – засіб, застосування якого включає або знижує дію на одного або декількох працюючих небезпечних або шкідливих виробничих факторів. Засіб колективного захисту призначений для одночасного захисту двох і більше працівників.

Засіб індивідуального захисту призначений для захисту одного працівника.

Безпечна відстань - найменша допустима відстань між працівником і джерелом небезпеки, необхідна для забезпечення безпеки працюючого.

Небезпечна зона - простір, в якому можлива для працівника небезпечного або шкідливого виробничого фактора, який існує на виробничому місці, за його межами або з'являється через певний період роботи машини, обладнання, механізмів. Розмір небезпечних зон залежить від виду, характеру дії, властивостей та характеристик небезпечних факторів. Небезпечні зони бувають постійними і змішаними (зона роботи підйомного крану, екскаватора, навантажувачів). В окремих випадках небезпечна зона може мати чітко визначені межі (переміщення складу хімічних речовин, резервуар) або змінюватись залежно від інших умов і факторів. При зменшенні температури повітря тіло людини втрачає тепло, як наслідок - різні захворювання. Переохолодженню сприяє надмірна вологість і швидкість повітря понад 0,56-0,8 м/с.

Висновки

- Проведено аналіз структури сушарки та побудовано її кінематичну схему.
- Виконано міцністий розрахунок барабану сушарки в середовищі SOLIDWORKS. Встановили, для забезпечення необхідної міцності барабану в умовах статичних та динамічних навантажень його товщина має становити не менше 16 мм.
- Встановили, що для забезпечення достатньої тривалості перебування зерна в барабані сушарки число обертів останнього має становити 3,18 об/хв.
- Виконано розрахунок приводу барабану. Встановлено, що для приведення в рух барабану даної сушарки необхідно електродвигун із потужністю 16,15 кВт., та кількістю обертів 1148 об/хв.
- Розроблено технологію виготовлення вала редуктора приводу сушильного барабану.

Перелік посилань

1. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 –Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А.Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421с.

2. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

3. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

4. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

5. Стадник І.Я. Обґрунтування параметрів надійності і довговічності машини статистичним моделюванням./ І.Я. Стадник, О.М.Пилипець, Ю. Паньків // Матеріали міжнародної наукової конференції “Іван Пулюй: життя в ім’я науки та України” (до 175-ліття від дня народження).Т. : ФОП Паляниця В. А., 2020. -С.101

6. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам’яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин“, 2021. -с.13

7. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 163 с.
8. Малезик І.Ф. Процеси та апарати харчових виробництв / І. Ф. Малезик. – К.: НУХТ, 2003. – 400 с.
9. Pylypets M. I. Designing uniformly loaded threaded connections M. I. Pylypets, O.M. Pylypets, V. R Pankiv Modern research in technical sciences: the impact of martial law in Ukraine (March 6–7, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024,-p.11-16.
10. Кирпа М. Технологія післязбиральної обробки та сушіння зерна / М. Кирпа // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2017. – Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/tehnologiya-pislyazbiralnoyi-obrobki-ta-sushinnya-zerna>.
11. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., Karpovych, I., Tupitska, O., Kostiuk, T., & Rozbytska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2023. Vol. 17, P. 677–693.
12. Мостенська Т. Г. Екологічні загрози при виробництві харчових продуктів // Екологічні проблеми. – 2015. № 3. – С.93-99.7
13. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
14. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // *Scientific Journal of TNTU*. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.

