

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

бакалавр.

на тему:

**Розрахунок та ремонт вузла гомогенізуючої головки гомогенізатора для
молока марки BLUE-TOP 63.7**

Виконав: студент IV курсу, групи МО-41,
спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Піцик В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Кравець О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворошук В.Я.

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2025

Анотація

Піцик Вадим Олегович. Розрахунок та ремонт вузла гомогенізуючої головки гомогенізатора для молока марки BLUE-TOP 63.7. Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Виконано аналіз сучасних способів гомогенізації та огляд патентів і розробок. Здійснено розрахунок гомогенізатора: Виконано аналіз структури кривошипно-шатунного механізму, огляд особливостей експлуатації гомогенізатора.

Розроблено технологію розбирання-складання вузла гомогенізуючої головки, розроблено технологічний процес мехобробки деталі “шток” вузла гомогенізуючої головки.

Ключові слова: гомогенізація, молоко, шток.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Анотація		
Розроб.		Піцик В.О.					
Перевір.		Кравець					
Н. контр.		Ворожук В.Я					
Затверд.		Вітенько			ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		

Abstract

Vadym Pitsyk. Calculation and Repair of the Homogenizing Head of the BLUE-TOP 63.7 Milk Homogenizer. Bachelor's Qualification Thesis. Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

The work includes an analysis of modern homogenization methods and a review of patents and developments were performed. The homogenizer was calculated: An analysis of the structure of the crank mechanism was performed, a review of the features of the homogenizer operation was performed.

A technology for disassembling and assembling the homogenizing head assembly was developed, a technological process for machining the “rod” parts of the homogenizing head assembly was developed;

Keywords: homogenization, milk, rod.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Abstract					Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Піцик В.О.										
Перевір.		Кравець										
										ТНТУ, каф. ОХ, гр.МО-41		
Н. контр.		Ворошук В.Я										
Затверд.		Вітенько										

Зміст

АНОТАЦІЯ	2
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ТА ЗАДАЧІ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	8
1.1. Аналіз сучасних методів гомогенізації.....	8
1.2. Огляд патентів та розробок.....	9
1.3. Конструкція і принцип роботи гомогенізатора BLUE-TOP 63.7	11
1.4. Мета і завдання кваліфікаційної роботи.....	19
2. СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ГОМОГЕНІЗАТОРА	20
2.1. Структур гомогенізатора BLUE-TOP 63.7	20
2.2. Кінематичний розрахунок приводу.....	23
2.3. Конструктивний та міцнісний розрахунок гомогенізатора	25
2.3.1. Шківів.....	25
2.3.2. Колінвал	27
2.3.3. Шатуни	32
2.4. Розрахунок та вибір конструктивних параметрів вузла гомогенізуючої ГОЛОВКИ	35
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ	40
3.1. Особливості експлуатації гомогенізатора BLUE-TOP 63.7.....	40
3.2. Технології розбирання-складання вузла гомогенізуючої головки гомогенізатора BLUE-TOP 63.7.....	43
3.3.1 Призначення та характеристика деталі “шток”	47
3.3.2. Технологічний контроль.....	48
3.3.3. Аналіз технологічності деталі.....	49

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Піцик В.О.				Зміст	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кравець							
Н. контр.	Ворошук В.Я					ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		
Затверд.	Вітенько							

3.3.4 Тип та організаційна форми виробництва деталі	50
3.3.5. Вибір методу отримання заготовки.....	51
3.3.6. Вибір технологічних баз.....	52
3.3.7. Вибір технологічного маршруту мехобробки деталі шток вузла гомогенізуючої головки.....	53
3.3.8. Припуски і міжопераційні розміри. Проектування заготовки	55
3.3.9. Підбір різального та допоміжного інструменту. Методи і засоби техконтролю.....	60
3.3.10. Режими різання по операціях.....	62
3.3.10. Технічне нормування розробленого технологічного процесу	66
3.3.11. Види обладнання та його кількість	68
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	72
4.1 Аналіз умов праці у галузі.....	72
4.2. Огляд заходів поліпшення стану виробничого середовища.....	75
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	79
ДОДАТКИ.....	83
СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	86

Вступ

Актуальність теми. Гомогенізація молока забезпечує рівномірний розподіл жиру, запобігає його відшаруванню, покращує смак, текстуру й однорідність продукту. Це важливо для задоволення сучасних вимог до якості молочної продукції, що висуваються як споживачами, так і стандартами безпеки харчових продуктів. Гомогенізоване молоко краще зберігається, оскільки мікроскопічні жирові кульки повільніше піддаються окисленню й псуванню. Це критично важливо в умовах логістики та постачання продукції на великі відстані.

Сучасні вимоги до енергоефективності, автоматизації процесів, використання нових матеріалів і підвищення надійності обладнання роблять актуальним проектування нових або вдосконалення існуючих гомогенізаторів.

Молочна галузь є однією з ключових у харчовій промисловості України. Інвестиції в її модернізацію, зокрема в якісне обладнання, безпосередньо впливають на економіку, зайнятість і харчову безпеку населення.

Об'єкт та предмет розробки. Об'єктом розробки є гомогенізатора для молока марки BLUE-TOP 63.7 та, зокрема, вузол гомогенізуючої головки. Предметом розробки є параметри роботи гомогенізатора та технологічний процес виготовлення штока гомогенізуючої головки.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ			
Розроб.		Піцик В.О.						
Перевір.		Кравець						
Н. контр.		Ворожук В.Я						
Затверд.		Вітенько			ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41			

1. Аналіз процесів гомогенізації та задачі кваліфікаційної роботи

1.1. Аналіз сучасних методів гомогенізації

Сучасні методи гомогенізації можна згрупувати у чотири види:

- високонапірна гомогенізація;
- ультразвукова гомогенізація;
- мембранна гомогенізація;
- ротаційна (дискова) гомогенізація

Високонапірна гомогенізація є найпоширеніша у харчовій промисловості. Молоко подають під дуже високим тиском, зазвичай від 15 до 25 МПа, через вузькі щілини в спеціальному апараті — гомогенізаторі. Під час проходження через такі щілини жирові кульки розбиваються на дрібніші частинки, що дозволяє їм рівномірно розподілятися в молоці. Це покращує смак, зовнішній вигляд і стабільність молока, а також продовжує термін його зберігання.

Основні переваги цього методу — висока ефективність і можливість регулювати розмір частинок за рахунок зміни тиску. Але через високий тиск обладнання зношується, а також під час процесу може підвищуватися температура молока, що іноді призводить до зміни властивостей білків.

Ультразвуковий метод ґрунтується на впливі високочастотних звукових хвиль. Ці хвилі створюють мікроскопічні бульбашки в молоці, які швидко руйнуються, спричиняючи механічне подрібнення жирових кульок. Цей спосіб дозволяє зберігати корисні властивості молока, оскільки не викликає значного нагрівання.

Головні плюси ультразвукової гомогенізації — щадний режим обробки та збереження вітамінів і білків.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	1. Аналіз процесів гомогенізації та задачі кваліфікаційної роботи					Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Піцик В.О.										
Перевір.		Кравець										
Н. контр.		Ворожук В.Я								ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		
Затверд.		Вітенько										

Однак цей метод не підходить для великих обсягів, бо обладнання має обмежену продуктивність і є дорогим.

Мембранна гомогенізація полягає у пропусканні молока через спеціальні мембрани з дуже маленькими отворами. Завдяки цьому жирові кульки розбиваються і одночасно відбувається очищення молока від небажаних часток. Мембранна гомогенізація допомагає отримати продукт високої якості із збереженням природних властивостей.

Однак мембрани можуть швидко забруднюватися, що вимагає регулярного очищення і технічного обслуговування. Продуктивність такого методу нижча, тому він поки що не дуже поширений у масовому виробництві.

При ротаційній (дисковій) гомогенізації для подрібнення жирових кульок використовуються ротуючі диски або валки. Вони механічно дроблять частинки жиру, змішуючи їх з молоком. Це простий і відносно дешевий спосіб.

Проте його ефективність нижча, ніж у високотисковій гомогенізації, і він часто залишає великі частинки жиру.

Тому ротаційні методи застосовують рідше і більше підходять для спеціальних або дрібносерійних виробництв.

Кожен метод має свої особливості і сфери застосування. Найпопулярнішим залишається високотисковий спосіб завдяки своїй ефективності. Ультразвук та мембранні технології — перспективні напрямки, які можуть стати більш поширеними завдяки щадному впливу на молоко і підвищенню якості продукту. Ротаційні методи — прості та доступні, але менш точні.

1.2. Огляд патентів та розробок

Огляд патентів та розробок свідчить про різноманітні підходи та новітні технології, які використовуються для поліпшення якості молочних

продуктів. Так І. М. Устименком та Г. Є. Поліщуком із НУХТ описують способи отримання харчових емульсій з використанням казеїнату натрію та емульгаторів, де гомогенізація відіграє ключову роль у забезпеченні стабільної структури продукту.

Ще один патент стосується виробництва майонезу із застосуванням ультрафільтраційного концентрату молока, у якому процес гомогенізації виконується при тиску 0,6-0,8 МПа.

Є також розробки, що описують способи одержання збагаченого молока із додаванням овочевих компонентів, де гомогенізація проводиться перед пастеризацією для покращення якості.

Крім того, існують розробки виготовлення молочних продуктів із використанням гомогенізованих інгредієнтів, наприклад, молочно-білкових основ із ягідними добавками або вершкових напоїв, де гомогенізація допомагає рівномірно розподілити компоненти та підвищити стабільність.

Серед міжнародних патентів варто відзначити патент, який описує спосіб гомогенізації молока, що включає нормалізацію жиру, термообробку, гомогенізацію під високим тиском (15-25 МПа) і охолодження. Такий процес дозволяє отримати молоко з покращеними властивостями.

Наукові дослідження також спрямовані на вдосконалення гомогенізації. Наприклад, в Україні розробляються технології з використанням струминних і пульсаційних гомогенізаторів, які дозволяють краще контролювати процес і підвищувати якість кінцевого продукту. Інші дослідники вивчають застосування ультразвукової кавітації для одночасного знезараження та гомогенізації молока, що відкриває нові перспективи у виробництві.

Таким чином, сучасні патенти і наукові розробки демонструють різні технологічні підходи, які допомагають покращувати процес гомогенізації молока, забезпечуючи високу якість, стабільність і безпеку молочних продуктів.

1.3. Конструкція і принцип роботи гомогенізатора BLUE-TOP 63.7

Гомогенізатор BLUE-TOP63.7 призначається для дроблення і рівномірного розподілу кульок жиру у молоці та рідких молочних продуктах.

Технічні характеристики гомогенізатора наступні:

Продуктивність, л/год,	1000
Максимальний робочий тиск процесу гомогенізації, МПа	15
Максимальна кількість подвійних ходів плунжерів хв ⁻¹	350
Максимальна потужність, кВт	11
Число ступенів гомогенізації	1

Габарити:

Ширина, мм	1480
Довжина машини, мм	1120
Висота, мм	1640
Маса, кг	3000

Основними складовими гомогенізуючої головки є сідло та клапан, який утримується притиснутим до сідла за допомогою пружини. Конструктивні схеми таких головок зображені на рисунку 1.1.

Під час роботи молоко або вершки подаються під тиском до 15 МПа в кільцевий проміжок між сідлом і клапаном. Продукт може вийти з головки лише тоді, коли клапан піднімається і відкриває дуже вузький прохід, шириною всього кілька десятків мікрон. Пружина притискає клапан із таким зусиллям, що він відкривається тільки після досягнення в системі заданого робочого тиску. У процесі гомогенізації клапан перебуває у стані рівноваги.

Коли молоко потрапляє в тонкий кільцевий зазор між сідлом і клапаном, його швидкість стрімко зростає — до 100 м/с, а тиск у потоці різко

знижується. Під впливом цих умов жирові кульки витягуються в довгі структури, які під дією поверхневого натягу розриваються на дрібніші краплі, забезпечуючи тим самим ефект гомогенізації.

Гомогенізатори є насосами високого тиску (див. рисунок 1.3). За своєю конструкцією вони складаються з кількох основних частин: станини (1), корпусу (2), всередині якого розташований кривошипно-шатунний механізм (8), систем змащування (6) та охолодження (5), плунжерного блоку (3) з всмоктувальними та нагнітальними клапанами, а також гомогенізуючої головки (4), яка може мати одну або дві ступені гомогенізації. Усі ці елементи приводяться в дію за допомогою приводу.

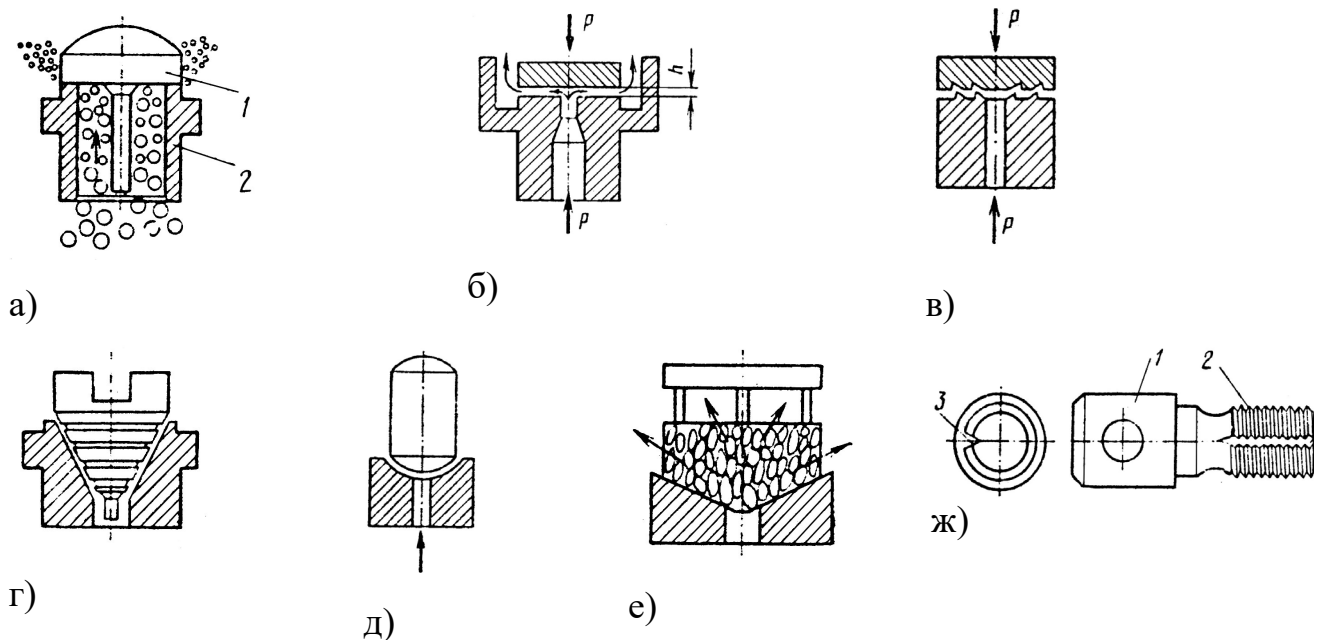


Рисунок 1.1 – Схеми головок гомогенізації:

а) 1 – клапан; 2 – сідло; б) клапан, обмежений стінкою; в, г) клапан з концентричними прорізами на плоскому і конусоподібному клапанах; д) клапан двократного використання; е) клапан із спресованих окремих тіл (дроту); ж) вузол з різьбою і трикутними канальчиками.

Привід гомогенізатора здійснюється за допомогою електродвигуна через клинопасову передачу. Двигун розміщений на спеціальній поворотній плиті, яка може змінювати свій кут положення для забезпечення необхідного

натягу паса.

Кривошипно-шатунний механізм (див. рисунок 1.3) включає в себе колінчастий вал (1), шатуни (2), повзуни (3), до яких безпосередньо приєднані плунжери (4). Головка шатуна виконана роз'ємною і фіксується на колінчастому валу за допомогою двох болтів. Між валом і головкою розміщені бронзові вкладиші, зазор між якими та валом регулюється за допомогою прокладок. Шатун з повзуном з'єднується через запресований палець (5).

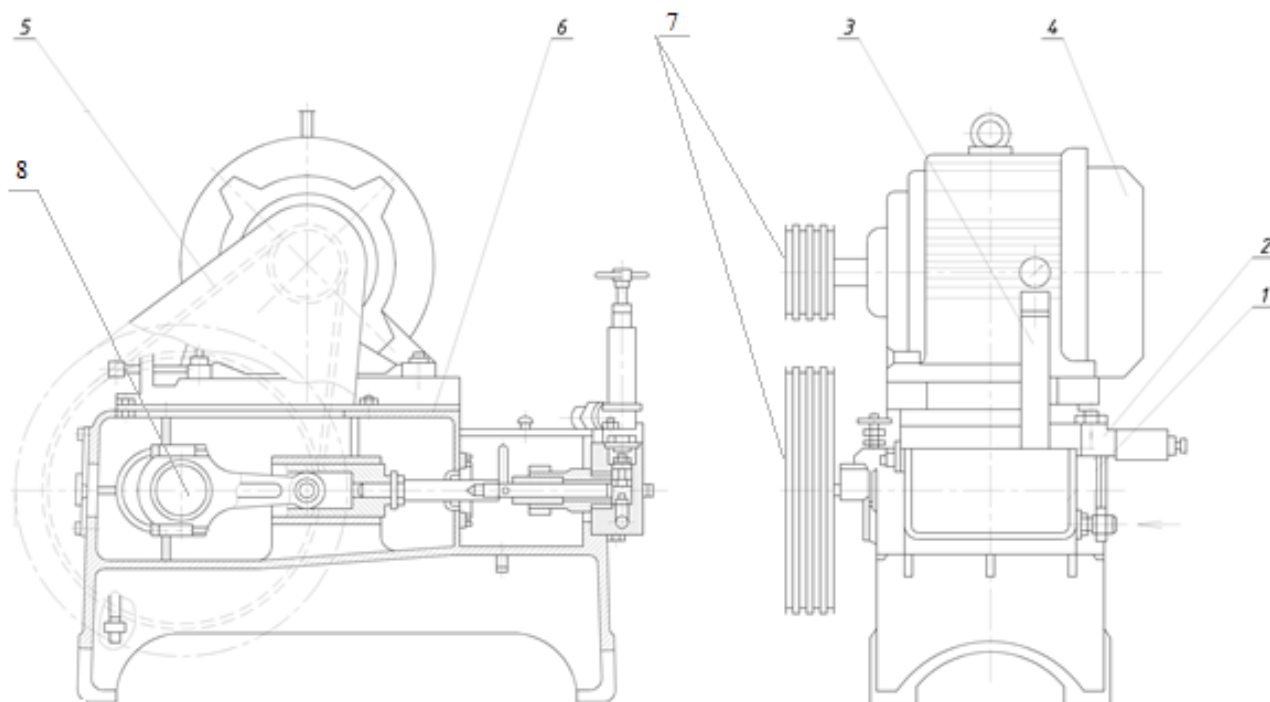


Рисунок 1.2 – Гомогенізатор:

1 –плунжерний блок; 2 –головка; 3 –манометричний пристрій; 4 – привід;
5 –пасова передача; 6 – станина; 7 – шківи; 8 – кривошипно-шатунний механізм.

Необхідний тиск у продукті, що надходить на гомогенізацію, створюється за допомогою плунжерного блоку (див. рисунок 1.4).

Цей блок має типову конструкцію для всіх гомогенізаторів клапанного типу. Він являє собою масивний корпус із нержавіючої сталі, у якому передбачені канали для розміщення клапанів (5, 6), плунжерів (3), а також

колектор (4) для подачі та відведення продукту. Всмоктувальні та нагнітальні клапани попарно притерті до сідел для забезпечення герметичності. Поділ зони високого і низького тиску забезпечується капроновими прокладками. Ущільнення плунжерів також виконано за допомогою капронових манжет, які додатково притискаються гайкою (2).

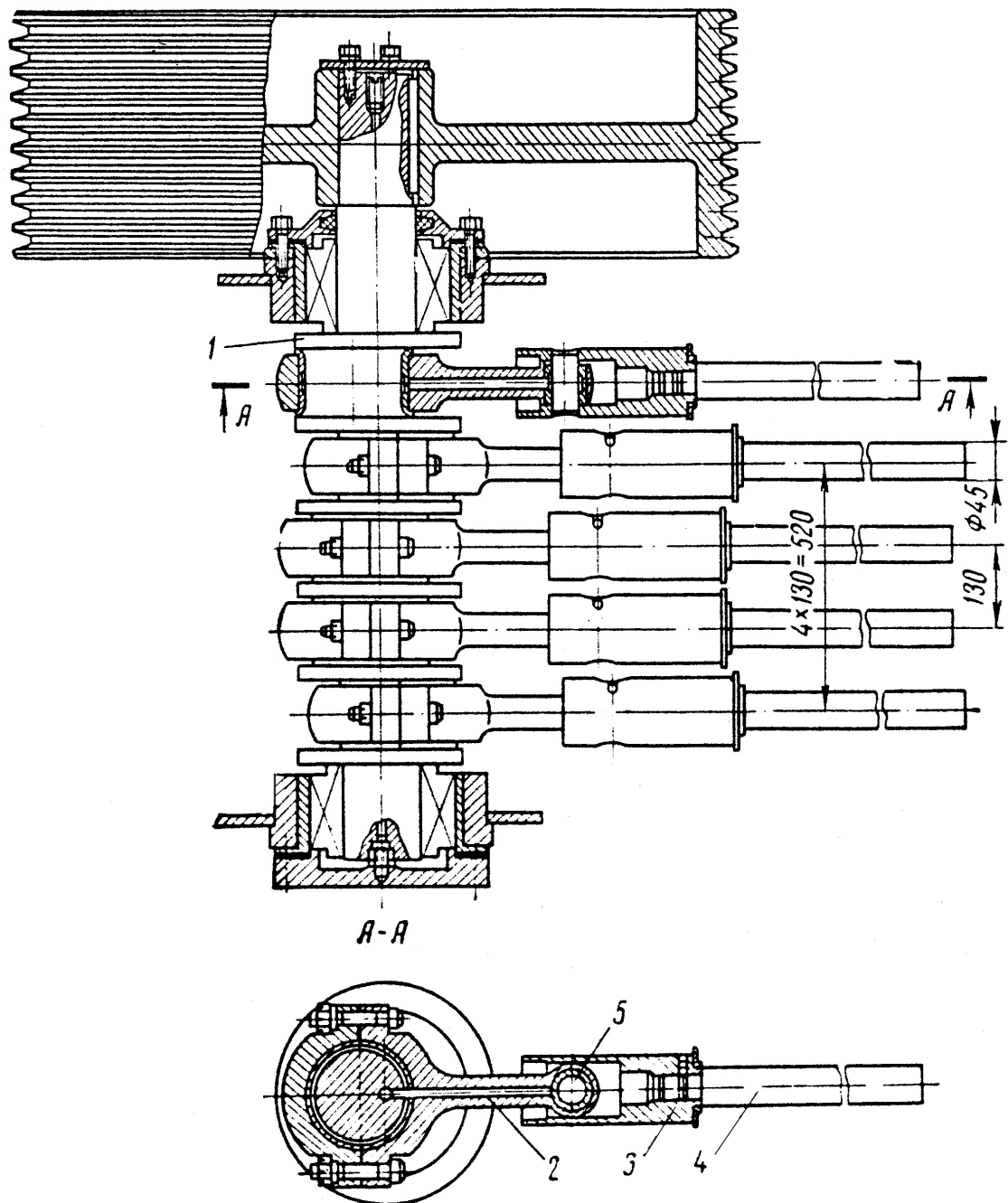


Рисунок 1.3 – Кривошипно-шатунний механізм:

1 – колінчастий вал; 2 – шатун; 3 – повзун; 4 – плунжер; 5 – палець.

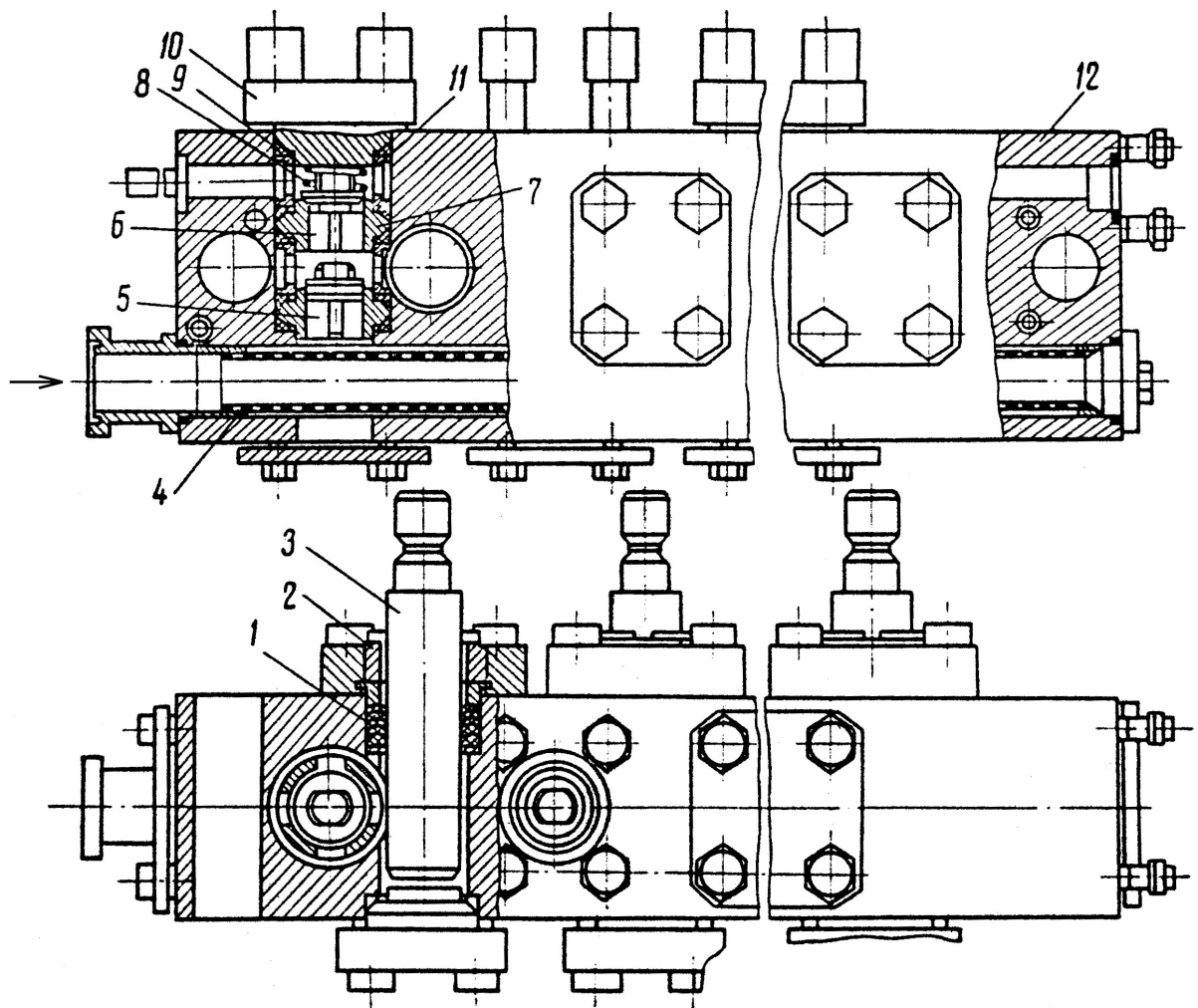


Рисунок 1.4 – Плунжерний блок гомогенізатора:

- 1 –манжет; 2 –гайка; 3 –плунжер; 4 – фільтрувальний елемент;
 5 –всмоктувальний клапан; 6 –нагнітальний клапан; 7 – сідло; 8 – пружина;
 9 –прокладки; 10 – кришка; 11 –кільце; 12 –станина.

На всмоктувальному колекторі встановлений фільтр, призначений для очищення продукту від твердих домішок, які можуть спричинити зношування елементів гомогенізуючої головки або викликати застрягання клапанів у плунжерному блоці.

Процес подрібнення жирових частинок відбувається безпосередньо в гомогенізуючій головці (рисунок 1.5). Вона кріпиться до нагнітального

колектора плунжерного блоку. В середині сталевого корпусу гомогенізуючої головки (рис. 1.6) розташований циліндричний клапан (3), який утримується у правильному положенні за допомогою кільця розпилювача. Робоча поверхня клапана має опуклу форму, тоді як сідло (2) — увігнуту сферичну. Під тиском рідини клапан піднімається на висоту 100–150 мікрометрів, утворюючи вузьку кільцеву щілину. Через неї продукт проходить із високою швидкістю до розпилювача, а звідти — до вихідного штуцера.

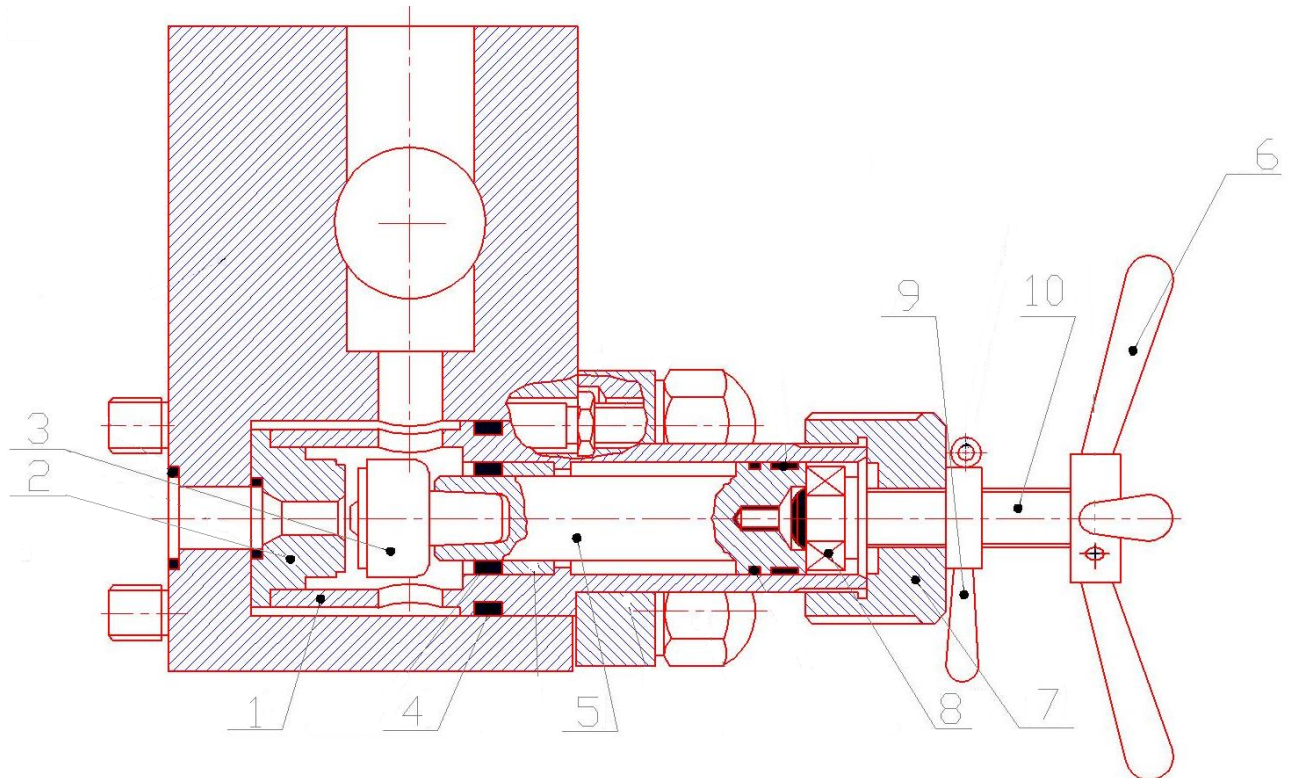


Рисунок 1.5 Вузол гомогенізуючої головки:

1 –корпус; 2 - сідло; 3-клапан; 4-прокладки; 5 -шток; 6 –маховик; 7 -гайка; 8 – пружина; 9 –ручка; 10-стержень.

Регулюючи натяг пружини за допомогою маховика (6) та гвинта (10), можна змінювати силу тиску пружини (8) на шток (10) і клапан (2), що дозволяє налаштувати оптимальний режим гомогенізації залежно від типу продукту. Клапан є двостороннім: після зносу нижньої робочої поверхні його можна перевернути і використовувати верхню.

Під час роботи гомогенізатора продукт надходить у всмоктувальний

канал плунжерного блоку завдяки дії насоса. Далі, з робочої частини блоку продукт під високим тиском (15–30 МПа) спрямовується через нагнітальний канал до гомогенізуючої головки. Там він проходить із великою швидкістю (150–300 м/с) через дуже вузький кільцевий зазор (близько 0,1 мм), що утворюється між притертими поверхнями клапана і сідла. В результаті інтенсивної турбулентності та гідродинамічного розриву частинки жиру подрібнюються до розмірів менше 1 мікрона.

Гомогенізатори зазвичай працюють при підвищених температурах, в межах 70–85 °С, а іноді й до 90 °С. Такий температурний режим знижує в'язкість продукту, що сприяє ефективнішій роботі клапанів. Проте висока температура також може сприяти виникненню гідравлічних ударів — це пов'язано з утворенням пари у продукті під час холостого ходу плунжера і її раптовим стисненням у момент робочого ходу.

Ефективність гомогенізації значною мірою залежить від стабільної роботи пари «сідло–клапан». Коли молоко виходить із кільцевого зазору між сідлом і клапаном, відбувається різкий перепад тиску — з 15–20 МПа до 3–5 МПа. За температури продукту 40–60 °С це спричиняє виникнення кавітації — утворення та руйнування парових бульбашок, що негативно впливає на обладнання. Крім того, на робочих поверхнях клапана і сідла з часом з'являються радіальні подряпини, викликані механічним стиранням продуктом. Зношування цих елементів значно знижує якість гомогенізації.

Для контролю робочого тиску використовується манометричний пристрій (див. рисунок 1.6), який включає манометр (1), мембранний розділювач (2) і дроселюючий пристрій (3) із голкою (4). Дроселюючий пристрій дозволяє стабілізувати показники тиску під час роботи гомогенізатора. При запуску обладнання голку відкручують, щоб стрілка манометра відображала коливання тиску, які відповідають роботі кожного плунжера — це вказує на справність усіх клапанів. Після цього голку поступово закручують до моменту, коли показники тиску стабілізуються. Перед зупинкою гомогенізатора голку знову відкручують. Якщо ж у процесі

роботи спостерігаються різкі стрибки тиску, це може свідчити про несправності клапанів, через які рідина починає перетікати між плунжерами.

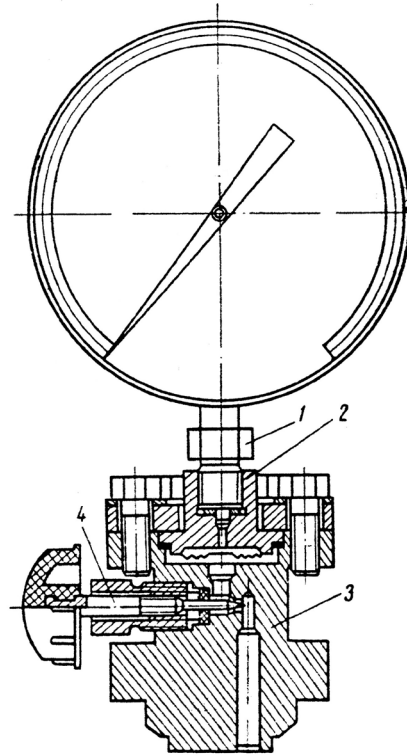


Рисунок 1.6 – Манометрична головка:

1 –манометр; 2 –розділювач; 3 –дроселюючий пристрій;
4 – дроселююча голка.

Змащування тертьових поверхонь у гомогенізаторі здійснюється шляхом розбризкування масла, яке розкидається колінчастим валом під час його обертання. У потужніших моделях гомогенізаторів передбачена система охолодження масла: вода циркулює по змієвику, знижуючи температуру мастила. Крім того, застосовується примусова система змащування — для цього встановлено додатковий шестерний насос, який забезпечує подачу масла до вузлів тертя.

Для запобігання перегріву плунжерів організоване їх охолодження водою. Охолоджувальна рідина подається безпосередньо на плунжери через спеціальні сопла, що забезпечує ефективне відведення тепла під час роботи обладнання.

1.4. Мета і завдання кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є розрахунок та ремонт вузла гомогенізуючої головки гомогенізатора для молока марки BLUE-TOP 63.7.

Основні задачі:

- виконати аналіз сучасних способів гомогенізації та огляд патентів і розробок;
- кінематичний розрахунок приводу;
- розрахунок клинопасової передачі;
- аналіз структури кривошипно-шатунного механізму;
- огляд особливостей експлуатації гомогенізатора;
- розроблення технології розбирання-складання вузла гомогенізуючої головки;
- розробка технологічного процесу мехобробки деталі “шток” вузла гомогенізуючої головки;
- заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2. Структурний аналіз та розрахунок гомогенізатора

2.1. Структур гомогенізатора BLUE-TOP 63.7

Гомогенізатор приводиться у рух від електричного двигуна 1 із використанням клинопасової передачі 3. При цьому електродвигун прикріплений до спеціальної плити, із можливістю повертатися на певний кут, забезпечуючи натяг пасу.

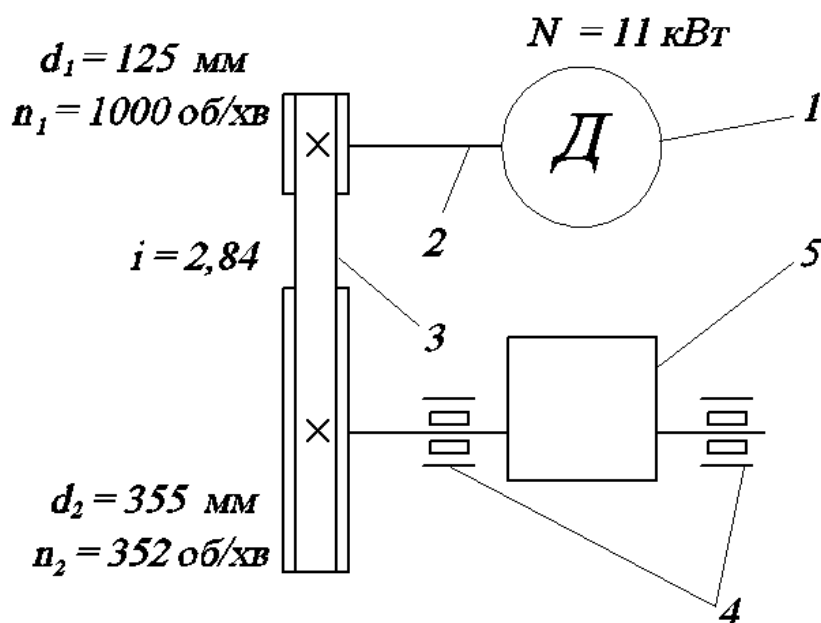


Рисунок 2.1. Кінематична схема

1—електродвигун; 2—вал; 3—передача; 4—підшипники; 5—кривошипно-шатунний мех.

Кривошипно-шатунний механізм у конструкції гомогенізатора виконує задачу перетворення обертового руху, що отримується від пасової передачі та електродвигуна, у зворотно-поступальне переміщення плунжерів.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Піцик В.О.			2. Структурний аналіз та розрахунок гомогенізатора				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Кравець										
Н. контр.		Ворожук В.Я										
Затверд.		Вітенько										
					ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41							

Останні крізь манжетні ущільнення заходять у камери плунжерного блоку машини та, по чергово виконуючи всмоктувальні і нагнітальні ходи, призводять до виникнення тиску гомогенізації.

Даний механізм складається із колінчастого валу 1 (рис. 2.2.), шатуна 2, повзунів 3 із плунжерами 4. Колінвал обертається закріплений в підшипниках кочення 6. При цьому головка шатуна є роз'ємною та прикріплена на колінчастому валі із використанням болтів. Для зменшення тертя, у зазорі між валом та розбірною головкою шатуна вставлені спеціальні бронзові вкладки. Зазор між вкладками та колінвалом можна регулювати товщиною прокладок. Повзуни закріплені у шатунах із використанням пальців 7.

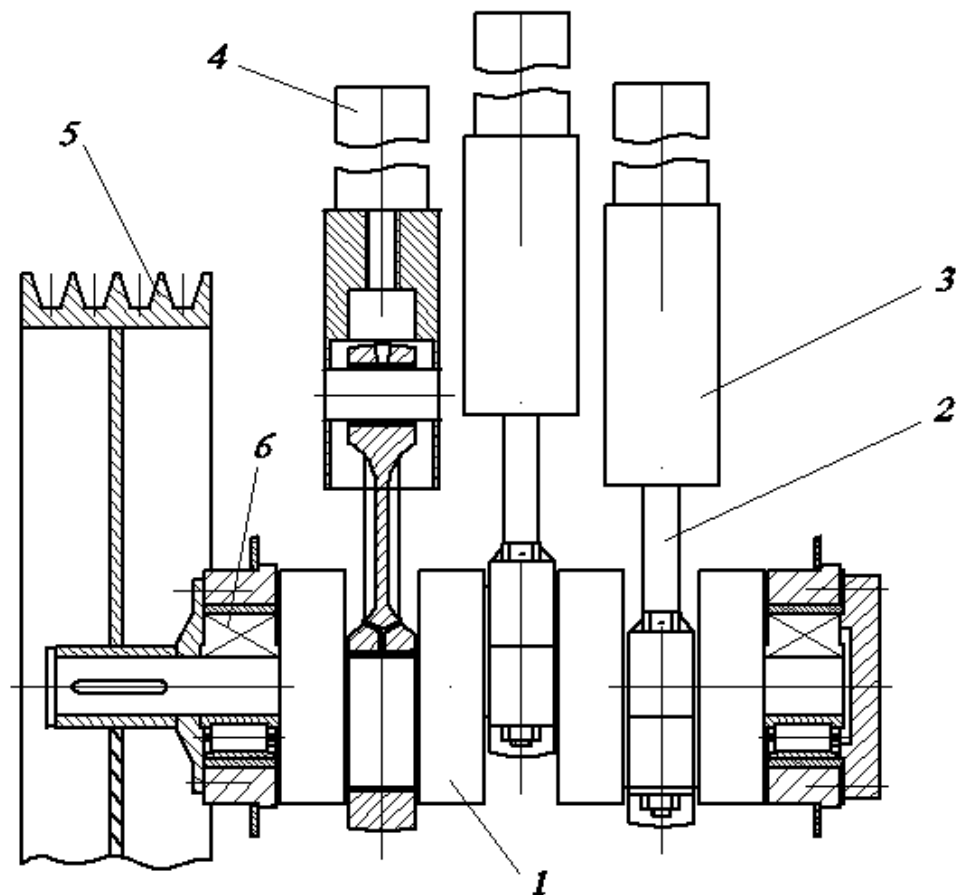


Рис. 2.2. Кривошипно-шатунний механізм гомогенізатора
марки BLUE-TOP 63.79

1 – колінчастий вал; 2 – шатун; 3 – повзун; 4 – плунжер; 5 – шків; 6 – підшипник, 7-палець.

Колінчастий вал, шатун, повзун і плунжер є основними і найбільш навантаженими в гомогенізаторах.

Сили, що діють на кривошипно-шатунний механізм в процесі його роботи:

- зворотно-поступальний рух: тиск нагнітання продукту, сили інерції та сили тертя;
- обертальний рух: дотичні сили від дії сумарних сил при зворотно-поступальному русі.
- відцентрові сили: сили, що виникають внаслідок інерції обертової маси і тертя при обертанні компонентів механізму.

Усі перелічені сили є змінними, бо їх величина залежить від такого параметру як кут повороту колінчастого валу. При цьому значення сумарної сила, яка спрямована у напрямку осі плунжера становить:

$$F_{\Sigma} = P + F_{\text{ін.}} + R_{\text{тр.}} = (pF_{\text{п}} - p_{\text{в}}F_{\text{в}}) + F_{\text{ін.}} + R_{\text{тр.}},$$

де R_{Σ} – сумарна сила, Н;

P – сила на плунжер, Н;

$R_{\text{тр.}}$ – сила тертя (плунжера об стінки), Н;

$F_{\text{ін.}}$ – сила інерції поступального переміщення, Н;

p – тиск на плунжер із сторони колінчастого протилежної валу, Па;

$p_{\text{в}}$ – тиск, що діє на плунжер з боку колінвалу, Па;

$F_{\text{п}}$ – площа поверхні перерізу плунжера, м².

Дані для виконання кінематичного і конструкторського розрахунку даного гомогенізатора наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Початкові дані

Продуктивність гомогенізатора, м ³ /год	1000
Максимальний робочий тиск гомогенізації, МПа	15
Кількість плунжерів	3

Продовження таблиці 2.1.

Число ходів плунжерів в хвилину, хв.-1	145
Діаметр плунжера, м	0,04
Потужність, кВт,	11
Кількість ступенів гомогенізації	1
Частота обертання колін вала с-1	5,67
Частота обертання двигуна, с-1	16,7

2.2. Кінематичний розрахунок приводу

Оберти двигуна:

$$n_1 = 16,7 \cdot 60 = 1000 \text{ хв}^{-1}.$$

Оберти колінвала:

$$n_2 = 5,65 \cdot 60 = 340 \text{ хв}^{-1}.$$

Якщо потужність складає 11 кВт та кількість обертів електродвигуна 1000об/хв то обираємо січення нашого пасу Б.

Передаточне число передачі буде:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1000}{340} = 2,94 .$$

Найбільша можлива к-ть пасів передачі 3, то таким чином потужність, що припадає на один пас становить:

$$N_0 \geq \frac{P}{3} = \frac{11}{3} = 3,7 \text{ кВт}.$$

За довідником [7] бачимо, що для передаточного відношенн, що рівне $u = 3$ та потужності, яка передається $N_0 = 3,5 \text{ кВт}$, діаметр б=меншого шківa даної передачі буде становити $d_1 = 125 \text{ мм}$. Далі визначимо відповідне значення діаметра більшого шківa цієї передачі при значенні відносного коефіцієнту ковзання відповідно $\xi = 0,02$. Отримаємо

$$d_2 = d_1 u (1 - \xi) = 125 \cdot 2,94 (1 - 0,02) = 360 \text{ мм.}$$

Прийmemo діаметр більшого із шківів передачі $d_2 = 355$ мм. Тоді необхідно відкоригувати значення передаточного числа: дійсне число буде дорівнювати:

$$i_d \geq \frac{d_2}{d_1} = \frac{355}{125} = 2,84$$

Кількість обертів колінвала за хвилину:

$$n_2 \geq \frac{n_1}{i_d} = \frac{1000}{2,84} = 352 \text{ хв}^{-1}$$

Відхилення:

$$\frac{355 - 352}{355} = 8 \cdot 10^{-3} = 0,8\% ,$$

Таке значення задовольнятиме умову.

Міжосева віддаль для передачі має виконувати таку умову:

$$a_{\min} = 0,55(d_2 - d_1) + T_0.$$

Підставимо:

$$a_{\min} = 0,55(125 + 355) + 10,5 = 274,5 \text{ мм.}$$

Дісне значення прийmemo $a = 500$ мм.

Довжина пасу за розрахунками:

$$\begin{aligned} L_p &= \frac{2a + \pi(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = \\ &= \frac{2 \cdot 500 + 3,14(355 + 125)}{2} + \frac{(355 - 125)^2}{4 \cdot 500} = 1780 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Реальну довжину прийmemo $L = 1800$ мм.

Дійсну віддаль між осями передачі:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2L - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8} = \\ &= \frac{2 \cdot 1800 - 3,14(355 + 125) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - 3,14(355 + 125)]^2 - 8(355 - 125)^2}}{8} = \\ &= 272 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Кут охоплення ведучого шківа пасом:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 57 \frac{355 - 125}{272} = 132^\circ$$

$$C_\alpha = 0,87.$$

Коефіцієнт довжини пасу передачі $C_L = 0,98$.

Коефіцієнт режиму роботи передачі $C_p = 1,00$

Потужність, що припадає на один пас:

$$N_p = N_o \cdot C_\alpha \cdot \frac{C_L}{C_p} = 3,5 \cdot 0,87 \cdot \frac{0,98}{1} = 2,98$$

Кількість пасів:

$$z = \frac{N}{N_p} \cdot C_2 = \frac{11}{2,98} \cdot 0,95 = 4$$

Швидкість переміщення пасу:

$$v = \pi d_1 \cdot \frac{n_1}{60} = 3,14 \cdot 0,125 \cdot \frac{1000}{60} = 6,54 \text{ м\с.}$$

Число пробігів пасу:

$$\vartheta = \frac{v}{L} = \frac{6,54}{1,8} \approx 3,6 \text{ с}^{-1},$$

отримане значення виконує умову $v = 10 \div 15 \text{ с}^{-1}$.

Сила, яку передає передача :

$$F_t = \frac{N}{t} = \frac{11}{6,54} = 1,68 \text{ кН.}$$

Сила на вал:

$$F_b = 1,5 \cdot F_t \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 1,5 \cdot 1,68 \cdot \frac{\sin 132}{2} = 1,5 \cdot 1,68 \cdot 0,921 = 2,32 \text{ кН}$$

2.3. Конструктивний та міцнісний розрахунок гомогенізатора

2.3.1. Шків

Матеріал шківів залежить від швидкості їх обертання. Дані паси можуть працювати на швидкостях навіть до 30 м/с та бажано використовувати для них чавун марки С4212.

Діаметр шківів:

$$d_e = d_p + 2b = 360 + 2 \cdot 4,2 = 368,4 \text{ мм.}$$

Ширина ободу:

$$M = (n - 1)l + 2f = (4 - 1) \cdot 19,0 + 2 \cdot 12,5 = 82 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.2. Характеристики шківів.

Параметри	Позначення	Значення
Розрахункова ширина канавки шківів, мм	l_p	14,0
Ширина канавки по зовнішньому діаметру, мм	b	$4,2 \pm 0,4$
Глибина канавки розрахункової ширини, мм	h	14,3
Віддаль між осями канавок, мм	l	19,0
Відстань між віссю крайньої канавки і торцем шківів, мм	f	$12,5 \pm 2$
Радіус заокруглення, мм	r	1,0
Кут канавки °	α	34

Довжина ступиці шківів:

$$l_c = \frac{M}{3} + d_b = \frac{82}{3} + 25 = 52 \text{ мм,}$$

де d_b — діаметр вала.

Число спиць шківів:

$$k_c = \left[\frac{1}{6} \div \frac{1}{7} \right] \sqrt{d} = \frac{1}{6\sqrt{555}} = 3,14.$$

При $k_c > 3$ диск буде із спицями.

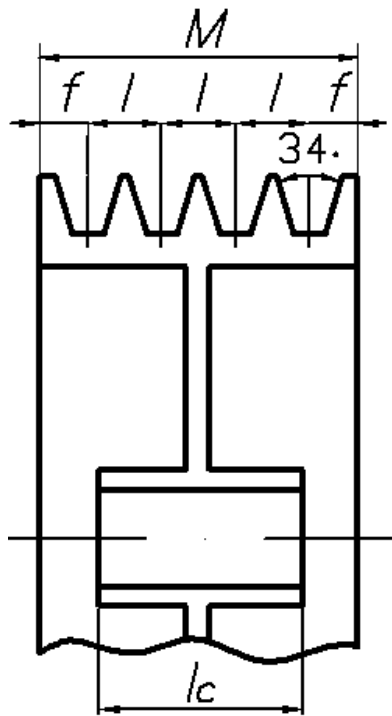


Рис. 2.3. Ескіз шківa

Спиці шківa слід розраховувати на згинання під дією колової швидкості F_t . При цьому спиці розглядають як консольні балки.

Ширина спиці шківa вазначається за формулою:

$$h = 3,4 \sqrt[3]{F_t \cdot d / k_e [\sigma_u]}$$

Напруження чавуну: $[\sigma_u] = 30 \div 45$ МПа.

$$h = 3,4 \sqrt[3]{1,68 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,355}{3,14} \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = 0,01 \text{ м.}$$

2.3.2. Колінвал

Розміри колінвалу визначимо виходячи із продуктивності гомогенізатора та потрібної міцності.

Продуктивність 1000 м³/год.

Геометричні параметри колінвалу залежать від довжини ходу плунжера, то враховуючи продуктивність отримаємо бажаний хід плунжера:

$$l = \frac{Q}{60n \frac{\pi d^2}{4} b} = \frac{1}{60 \cdot 3 \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} 145} = 0,03 \text{ м,}$$

де Q – продуктивність, м³;

n – число усіх плунжерів;

d – зовнішній діаметр плунжера, м;

b – скільки ходів плунжера, хв⁻¹.

Розрахуємо діаметр колінвалу виходячи із існуючого навантаження на його окремі дільниці.

Плунжери працюють по черзі - за один оберт колінвалу кожних 120° витискається продукт під тиском, що становить 15 МПа. Сила на плунжер:

$$F_{\text{п}} = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \cdot P = \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} 15 \cdot 10^6 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Н},$$

де P – тиск, Па.

Визначимо діаметр вала.

Для цього знайдемо крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega} = \frac{11 \cdot 10^3}{352} 60 = 1,87 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де ω – кутова швидкість, с^{-1} .

Діаметр валу буде:

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\text{кр}}}{\pi \cdot [\tau_{\text{кр}}]}} = \sqrt[3]{\frac{1,875 \cdot 16 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,025 \text{ м},$$

де $[\tau_{\text{кр}}]$ – 40 МПа.

Приймаємо 0,056 м.

Сила інерції частин, що мають зворотно-поступальний рух дорівнює:

$$F_j = m_j R \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2 \varphi);$$

де m_j – маса частин, кг.

$$m_j = m_{\text{пк}} + 0,275 m_{\text{ш}} = 2 + 0,275 \cdot 1 = 2,275 \text{ кг},$$

де $m_{\text{ш}}$ – маса шатунів, $m_{\text{ш}} = 1$ кг;

$m_{\text{пк}}$ – маса плунжерів, $m_{\text{пк}} = 2$ кг.

Буде:

$$F_j = 2,275 \cdot 0,06 \cdot (355/60)^2 \cos \varphi = 4,785 \text{ Па}.$$

Сили інерції зворотно-поступальних мас набагато менші, ніж сили, що створюються гомогенізуючим тиском, навіть якщо $\varphi = 90^\circ$. Тому в подальших розрахунках інерційними силами, зумовленими неврівноваженою масою, та інерційними силами плунжера нехтуємо.

Оскільки проміжні опори в конструкції колінчастого валу не враховуються, в розрахунках колінчастий вал розглядається як балка на двох опорах (рис. 2.4).

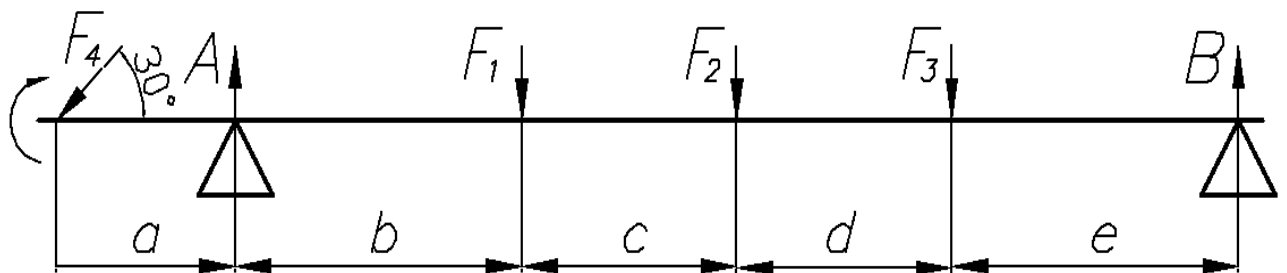


Рис. 2.4. Сили, що діють на вал

F_1, F_2, F_3 , – сила на плунжер, ($2,1 \cdot 10^4$ Па);

F_4 – сила на вал від клинопасової передачі
($F_4 = 1,68$ кН), Н.

Відстані: $a = 50$ мм, $b = 80$ мм; $c = 60$ мм; $d = 60$ мм; $e = 80$ мм.

При куті 0° визначимо реакції у площині YOZ:

$$\Sigma M_A = F_4 \cdot \sin 30^\circ \cdot a - F_1 \cdot b - Y_B(b + c + d + e) = 0;$$

$$Y_B = \frac{F_1(c + d + e) - F_4 \cdot \sin 30^\circ(a + b + c + d + e)}{b + c + d + e} =$$

$$= \frac{18,5 \cdot (0,06 + 0,06 + 0,08) - 1,68 \cdot 0,5 \cdot (0,05 + 0,08 + 0,06 + 0,06 + 0,08)}{0,08 + 0,06 + 0,06 + 0,08}$$

$$=$$

$$= 13,38 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$\Sigma M_B = F_4 \cdot \sin 30^\circ (a+b+c+d+e) + Y_A (b+c+d+e) - F_1 (c+d+e) = 0 ;$$

$$Y_A = \frac{F_1 \cdot b - F_4 \cdot \sin 30^\circ \cdot a}{b + c + d + e} = \frac{18,5 \cdot 0,08 - 1,68 \cdot 0,5 \cdot 0,05}{0,08 + 0,06 + 0,06 + 0,08} = 5,22 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

Реакції опор.

Відносно точки А:

$$F_4 \cdot \cos 30^\circ \cdot a = X_B (b + c + d + e);$$

$$X_B = \frac{F_4 \cdot \cos 30^\circ \cdot a}{b + c + d + e} = \frac{1,68 \cdot 0,86 \cdot 0,05}{0,28} = 0,03 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

Точки В:

$$F_4 \cdot \cos 30^\circ (a + b + c + d + e) - X_A (b + c + d + e) = 0;$$

$$X_A = \frac{F_4 \cdot \cos 30^\circ (a + b + c + d + e)}{b + c + d + e} = \frac{1,68 \cdot 0,86 \cdot 0,33}{0,28} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Для кута 120° .

Реакції опор:

$$Y_B = \frac{F_2 (b + c) - F_4 \cdot \sin 30^\circ \cdot a}{b + c + d + e} = 8,42 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$Y_A = \frac{F_2 (b + c) - F_4 \cdot \sin 30^\circ (a + b + c + d + e)}{b + c + d + e} = 8,4 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

Для кута 240° :

$$Y_B = \frac{F_3 (b + c + d) - F_4 \cdot \sin 30^\circ \cdot a}{b + c + d + e} = 13,1 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$Y_A = \frac{F_3 \cdot e - F_4 \cdot \sin 30^\circ (a + b + c + d + e)}{b + c + d + e} = 4,37 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

Епюри моментів на валі для куті повороту 0° на рисунку 2.5.

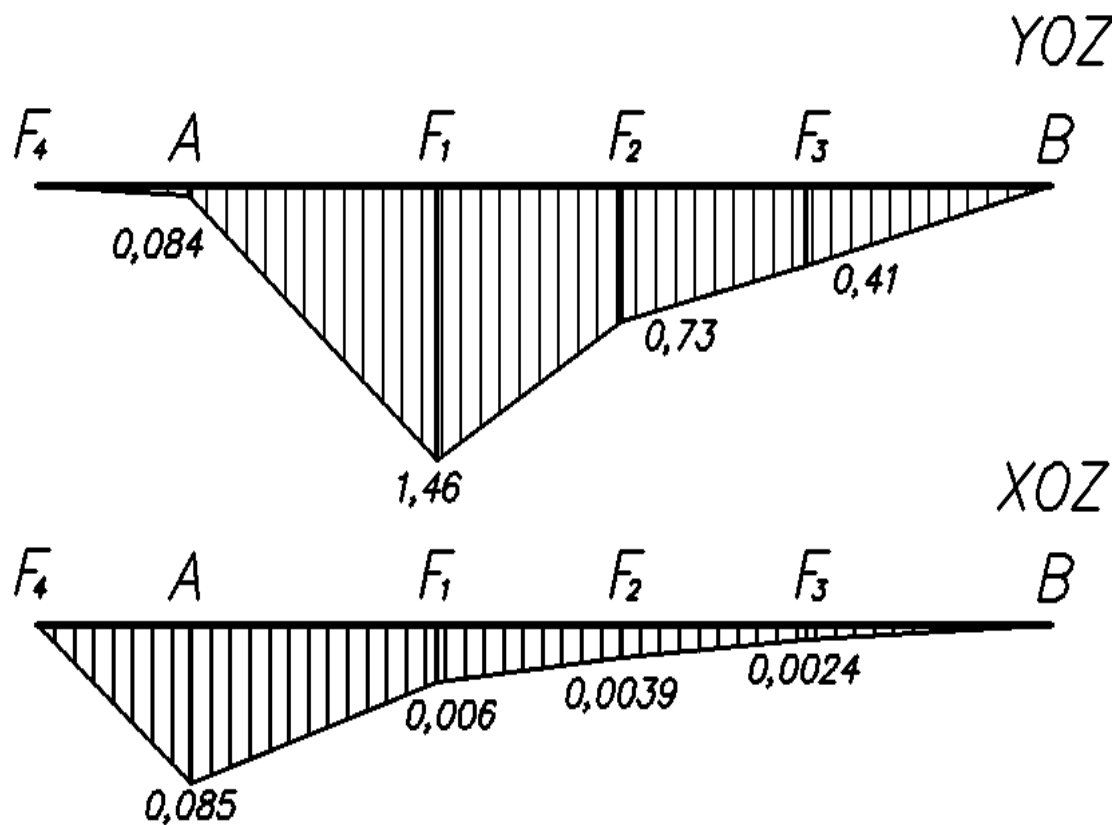


Рис. 2.5. Епюри моментів для кута 0°

Загальний згинальний момент:

$$\text{Мз. сум. (т. А)} = \sqrt{0,084^2 + 0,085^2} = 85 \text{ Н};$$

$$\text{Мз. сум. (т. 1)} = \sqrt{1,46^2 + 0,06^2} = 1500 \text{ Н};$$

$$\text{Мз. сум. (т. 2)} = \sqrt{0,73^2 + 0,0039^2} = 730 \text{ Н};$$

$$\text{Мз. сум. (т. 3)} = \sqrt{0,41^2 + 0,0024^2} = 410 \text{ Н};$$

$$\sigma_z = \frac{\text{Мз. сум.}}{W_x} = \frac{32 \cdot 1,5}{3,14(0,025 \cdot 10^{-3})^3} = 1,24 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Напруження крученням:

$$\tau_{\text{кр.}} = \frac{M_{\text{кр.}}}{W_p} = \frac{16 \cdot M_{\text{кр.}}}{\pi d^3} = \frac{16 \cdot 1,875}{3,14(0,025)^3} = 0,611 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Визначаємо еквівалентне напруження $\sigma_{\text{ек}}$ та порівнюємо їх його допустимим значенням $\sigma_{\text{ц}}$. Так само робимо для кутів 120° та 240° .

Міцність шатунів слід перевіряти за міцністю їх найтоншого перерізу І-І (рис. 2.7).

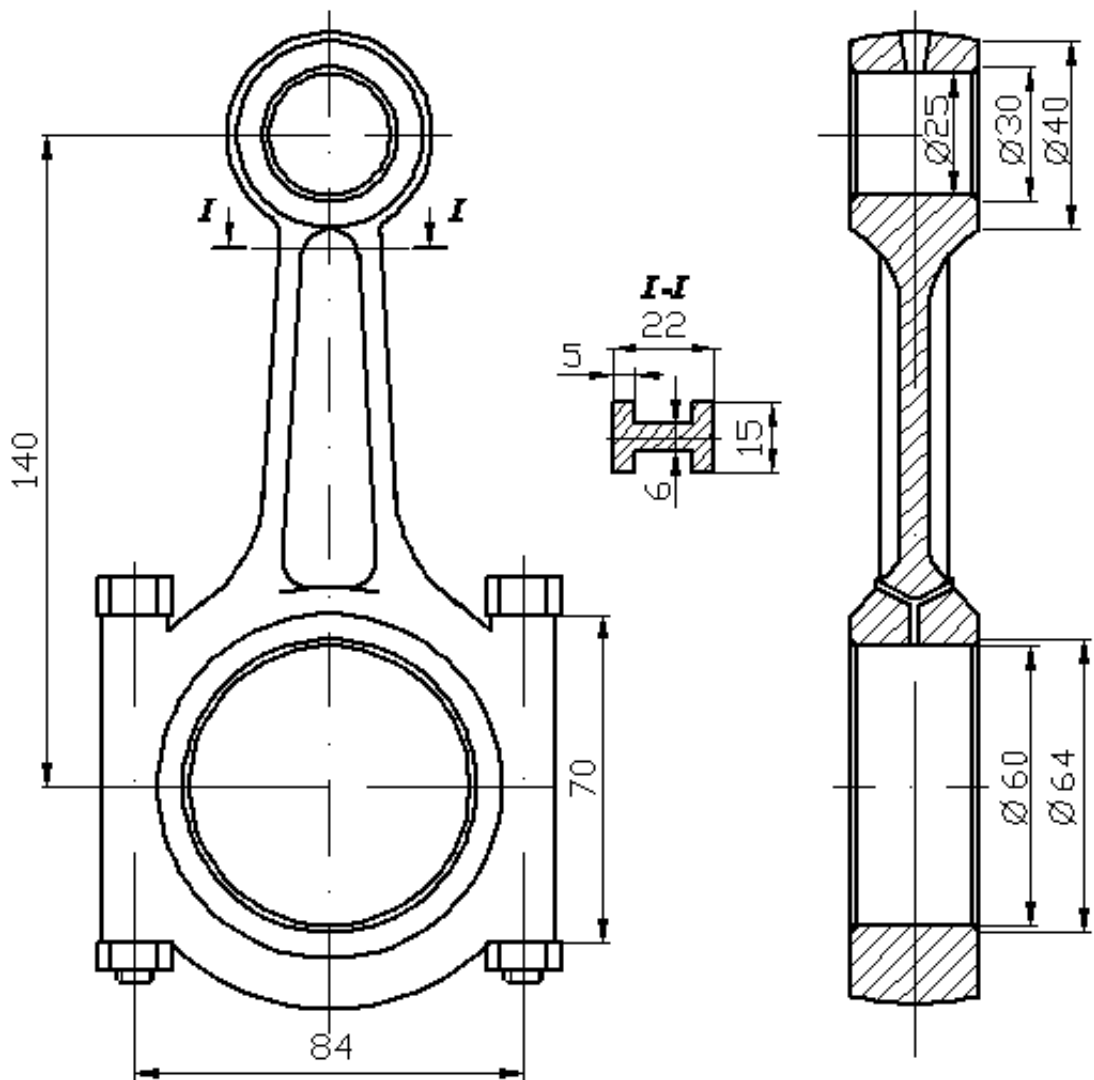


Рисунок 2.7. Схема шатуна

Значення допустимого напруження для шатунів, що виготовлені із матеріалу вуглецева сталь $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$.

Напруження стиску у вказаному перерізі:

$$\sigma_c = \frac{F}{f_{\min}} = \frac{7,2 \cdot 10^3}{2,22 \cdot 10^{-4}} = 32,4 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

де F – сила на шатун, $F = 7,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$;

$f_{\min}$ – мінімальна площа перерізу, м^2 , $f_{\min} = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Необхідна умова:

$$n = 2 - 4;$$

де n – запас міцності.

Запас міцності шатуна:

$$n = \frac{(\sigma_{-1})_p}{k_\sigma \sigma_\alpha / \epsilon_\sigma + \psi_\sigma \sigma_c};$$

де $(\sigma_{-1})_p = 190 \text{ МПа}$;

$$k_\sigma = 1;$$

$\sigma_\alpha = 61,3 \text{ МПа}$;

$\epsilon_\sigma = 0,87$ (рис. 2.8);

$$\psi_\sigma = 0,1.$$

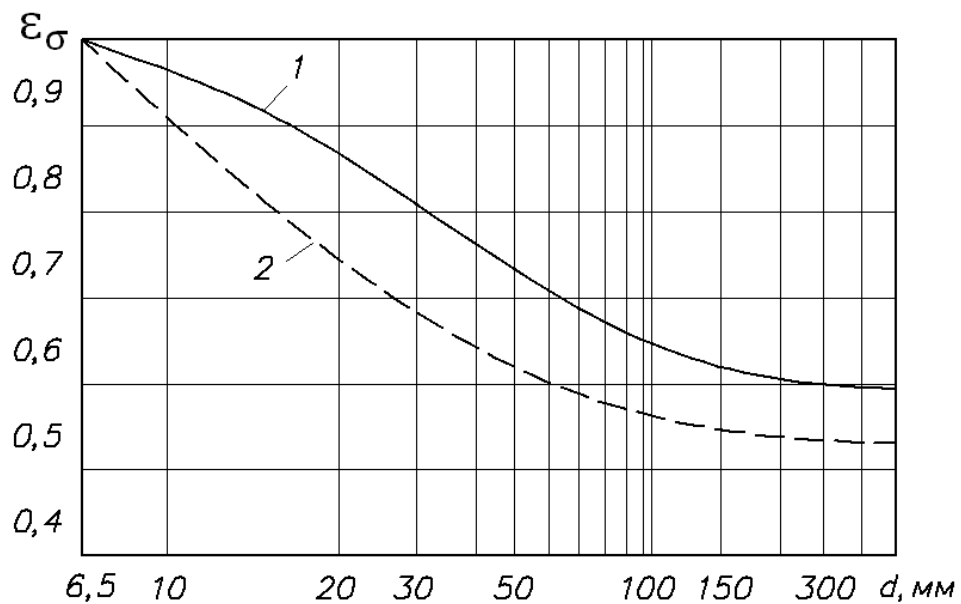


Рис. 2.8. Залежність коефіцієнту впливу абсолютних розмірів ϵ_σ від діаметра деталі:

1 –вуглецеві сталі; 2 – для леговані сталі

Запас міцності шатуна:

$$n = \frac{1,9 \cdot 10^8}{1 \cdot 0,613 \cdot 10^8 / 0,87 + 0,1 \cdot 0,324 \cdot 10^8} = 2,57.$$

Умова міцності виконується, так як $2 < n < 4$.

2.4. Розрахунок та вибір конструктивних параметрів вузла гомогенізуючої головки

Ефективність процесу обробки продукту залежить від гідравлічних умов у ділянці клапана, які залежать від тиску процесу гомогенізації. В клапанній щілині швидкість потоку характеризується максимальним значенням на початку щілини. По мірі розширення потоку швидкість поступово знижується до величини V_2 .

Максимальна теоретична швидкість:

$$V_1 = \sqrt{2g \cdot \frac{\Delta P}{\gamma}}$$

де ΔP – тиск, $\Delta P = 15 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$;

γ – об'ємна маса продукту, $\gamma = 1,027 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$.

Швидкість витікання:

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot \frac{15 \cdot 10^6}{1,027 \cdot 10^4}} = 169 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Дійсна швидкість витікання буде меншою від теоретичної швидкості, на величину, що залежатиме від в'язкості продукту і висоти клапанної щілини.

Критерій Рейнольдса не залежатиме від тиску і буде мати постійне значення:

$$Re = \frac{V_1 \cdot 2h}{\nu};$$

де ν – кінематична в'язкість продукту, $\text{м}^2/\text{с}$;

h – зазор, м.

Визначимо діаметр клапанної щілини:

$$d = \frac{2V}{\pi \nu Re};$$

$$d = \frac{2 \cdot 169}{3,14 \cdot 0,712 \cdot 30000} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

Висоту клапанної щілини за формулою:

$$h = \frac{Re \cdot v}{2V_1};$$

$$h = \frac{30000 \cdot 0,712 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 169} = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Визначимо також товщину тарілки для даного клапана:

$$h_k = 0,43 \cdot d_k \cdot \sqrt{\frac{1}{p} [\sigma]}$$

де p – тиск процесу, Па;

$$[\sigma] = 24 \cdot 10^7 \text{ Па};$$

d_k – діаметр клапана гомогенізатора, м.

Діаметр:

$$d_k = \sqrt{1,27 \cdot (\Delta S + G/6 \cdot v_d)};$$

(2

.7)

де G – продуктивність, $2,7 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$

V_d – допустима швидкість руху продукту у сідлі клапана, $V_d = 190 \text{ м/с}$.

ΔS – площа поперечного перерізу хвостовика клапана, м^2

$$\Delta S = \pi \cdot r_x^2$$

де r_x – радіус, $r_x = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

$$\Delta S = 3,14(4 \cdot 10^{-3})^2 = 5,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Визначимо товщину тарілки клапана та його діаметр:

$$d_k = \sqrt{1,27 \cdot \left(5,02 \cdot 10^{-5} + \frac{2,7 \cdot 10^{-4}}{6} \cdot 190 \right)} = 0,01 \text{ м}$$

$$h_k = 0,43 \cdot 0,01 \cdot \sqrt{\frac{1}{15 \cdot 10^6} \cdot 24 \cdot 10^7} = 0,0172 \text{ м}$$

Частина механічної енергії в процесі гомогенізації у результаті тертя буде перетворюватися в теплоту, тому буде мати місце підвищення температури процесу гомогенізації:

$$\Delta t = \frac{P}{c \cdot \rho};$$

де P – тиск, Па

c – теплоємність, $c=3850 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$;

ρ – густина, $\rho=1011 \text{ кг/м}^3$.

$$\Delta t = \frac{15 \cdot 10^6}{3850 \cdot 1011} = 3,85^\circ \text{C}$$

Середній діаметр кульок жиру:

$$d_{\text{ср}} = 3,1 \cdot \frac{10^{-6}}{\sqrt{P}};$$

$$d_{\text{ср}} = 3,1 \cdot \frac{10^{-6}}{\sqrt{15 \cdot 10^6}} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Пружина гомогенізуючої головки повинна мати достатню жорсткість, щоб створювати потрібний тиск для процесу гомогенізації. Цей тиск визначається силою PPR , з якою пружина тисне на клапан. Залежність між цією силою, характеристиками пружини та максимальним дотичним напруженням $\tau_{\text{мак}}$, що виникає в матеріалі пружини, описується формулою:

$$\tau_{\text{мак}} = K \cdot \frac{8PD}{\pi d^3};$$

де P – сила на пружину, Н

D – діаметр пружини, м

d – діаметр дроту пружини, м;

K – коефіцієнт.

Даний коефіцієнт залежить від властивостей даної пружини:

$$C_n = \frac{D}{d}$$

Буде:

$$K = \frac{4C_n + 1}{4C_n - 1};$$

Пружина повинна відповідати умові $\tau_{\max} < [\tau]_{\max} < [\tau]_{\max}$, тобто максимальні дотичні напруження не повинні перевищувати допустимі значення. Допустимі напруження на кручення $[\tau]$ залежать від механічних характеристик матеріалу та можуть варіюватися в межах 300–600 Н/мм².

Для подальших розрахунків приймають значення індексу пружини $C_p = 4 \dots 5$, що дозволяє розрахувати діаметр дроту пружини.

$$d = \sqrt{\frac{8KPC_n}{\pi[\tau]}}$$

Кількість витків : $n = 4 \dots 6$.

Сила стиску:

$$P = f \Delta P$$

де f – площа перерізу каналу, м²

ΔP – тиск, Н /м²

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14(0,016)^2}{4} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$P = 20 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 40 \cdot 10^2 \text{ Па} \cdot \text{м}^2$$

$$K = \frac{4 \cdot 4 + 1}{4 \cdot 4 - 4} = 1,4$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot 1,4 \cdot 4000 \cdot 4}{3,14 \cdot 300 \cdot 10^6}} = 0,0138 \text{ м}$$

$$D = C_m \cdot d_1 = 4 \cdot 0,0138 = 0,0552 \text{ м}$$

$$\tau_{\text{мак}} = \frac{1,4 \cdot 8 \cdot 4000 \cdot 0,0552}{3,14 \cdot 0,0138^3} = 299,68 \text{ Н/м}^2$$

Об'ємна продуктивність машини:

$$\Pi = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot s \cdot n \cdot z \cdot \varphi;$$

де d – діаметр плунжера гомогенізатора, $d = 0,04 \text{ м}$;

S – хід, $S = 0,03 \text{ м}$;

n – кількість обертів, $n = 5,7 \text{ с}^{-1}$;

z – число плунжерів, $z = 3$;

$\varphi = 0,85$.

Отримаємо:

$$\Pi = (3,14 \cdot 0,04^2 / 4) \cdot 0,03 \cdot 5,7 \cdot 3 \cdot 0,85 = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Потужність на привід.:

$$N = \frac{\Delta t \cdot \Pi \cdot \rho \cdot c}{\varphi};$$

де $\rho = 1011 \text{ кг/м}^3$

$c = 3850 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$

Отже отримаємо:

$$N = \frac{5 \cdot 0,00027 \cdot 3850 \cdot 1011}{0,85} = 6,18 \text{ кВт}.$$

3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту

3.1. Особливості експлуатації гомогенізатора BLUE-TOP 63.7.

Гомогенізатор моделі BLUE-TOP 63.7 обслуговується одним працівником, який має кваліфікацію не нижче IV розряду, ознайомлений з інструкцією з експлуатації обладнання та пройшов навчання з обслуговування механічних пристроїв.

Робочі режими гомогенізатора встановлюються відповідно до технологічного процесу обробки конкретного продукту. Основним регульованим параметром є тиск гомогенізації, який варіюється в межах від 12,0 до 15,0 МПа.

До обслуговування гомогенізатора допускаються лише особи, що володіють практичними навичками експлуатації даного обладнання, добре знають правила техніки безпеки та пройшли відповідний інструктаж на робочому місці.

Перед запуском гомогенізатора необхідно здійснити зовнішній огляд з метою перевірки справності всіх елементів та наявності надійного заземлення. Опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом і має перевірятися щонайменше один раз на рік.

Ось перефразований варіант тексту:

У процесі експлуатації гомогенізатор піддається як фізичному, так і моральному зношуванню, що зумовлює необхідність його регулярного технічного обслуговування та ремонту. На підприємстві ці функції виконує ремонтне господарство.

До основних завдань ремонтного господарства належать:

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту			
Розроб.		Піцик В.О.						
Перевір.		Кравець						
Н. контр.		Ворожук В.Я						
Затверд.		Вітенько			ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41			

забезпечення постійної готовності технологічного обладнання до експлуатації;

продовження строку безперебійної роботи обладнання без необхідності ремонту;

підвищення ефективності організації ремонтних робіт та покращення їх якості;

оптимізація витрат, пов'язаних з ремонтом і технічним обслуговуванням обладнання.

Вирішення зазначених завдань забезпечується шляхом:

розробки та впровадження системи технічного обслуговування обладнання в процесі експлуатації з метою запобігання зношуванню й аваріям;

своєчасного та якісного виконання планово-попереджувальних ремонтів;

модернізації морально та фізично застарілого обладнання;

підвищення рівня організаційно-технічної оснащеності ремонтного виробництва.

Технічне обслуговування гомогенізатора моделі BLUE-TOP 63.79 вгайковий ключає щоденний огляд, до якого входять такі операції:

- контроль правильності охолодження плунжерів;
- перевірка герметичності кришок;
- перевірка справності пульта керування;
- огляд з'єднань системи подачі продукту;
- контроль роботи манометра.

У процесі роботи обладнання його температура підвищується залежно від температури продукту, що піддається гомогенізації. Тому в перші години експлуатації необхідно контролювати герметичність ущільнень і, у разі виявлення протікання, підтягнути болти кришок. Це дозволяє ущільнювачам правильно встановитися в посадкових місцях і забезпечити належну герметизацію.

Огляд другого рівня (Огляд II) слід проводити після кожних 200 годин роботи. До нього входять такі перевірки:

- контроль натягу клинових ременів;
- вивинчування та огляд гомогенізуючого клапана і його гнізда;
- перевірка стану ущільнень плунжерів і клапанів;
- огляд робочої поверхні плунжерів;
- демонтаж, очищення та змащення елементів системи вимірювання тиску;
- доливання масла і перевірка стану ущільнень в масляній ванні.

Поточний ремонт рекомендується проводити в середньому після кожних 1000 годин експлуатації. До переліку робіт, які входять до цього виду обслуговування, належать:

- заміна моторного масла;
- змащування підшипників електродвигуна;
- полірування поверхонь плунжерів;
- заміна ущільнювальних прокладок плунжерів;
- перевірка зазорів у вузлі «колінчастий вал – шатун – поршень»;
- за потреби — заміна клинових ременів;
- очищення і промивання системи вимірювання тиску;
- притирка клапанів і їхніх гнізд у розподільчому модулі.

Середній ремонт передбачає виконання всіх робіт, що проводяться під час поточного ремонту, а також демонтаж колінчастого вала для перевірки його стану та оцінки зношування з можливим подальшим відновленням або заміною окремих частин.

Капітальний ремонт виконується на спеціалізованому підприємстві. У його рамках необхідно:

- визначити ступінь зносу усіх складових частин і вузлів;
- ретельно очистити та промити всі компоненти;
- оцінити фактичний знос деталей;

- провести регенерацію кривошипного пальця та за потреби виконати заміну зношених елементів.

3.2. Технології розбирання-складання вузла гомогенізуючої головки гомогенізатора BLUE-TOP 63.7.

Під час огляду гомогенізатора механік цеху спільно з працівниками ремонтної служби та експлуатаційного персоналу складають дефектну відомість. У неї вносять усі виявлені під час огляду несправності, а також зауваження, отримані від робітників у ході опитування.

Попередню дефектну відомість зазвичай формують за два-три місяці до запланованого ремонту. Вона є основою для підготовки документації, необхідної для закупівлі запасних частин, виготовлення ремонтних креслень і оформлення інших супровідних документів, що забезпечують проведення ремонтних робіт.

Після розбирання гомогенізатора складається уточнена дефектна відомість, яка вгайковий ключає як попередні зауваження, так і нові несправності, виявлені в процесі розбирання. У ній також фіксуються деталі, що потребують заміни. До складання уточненої відомості залучають представника відділу технічного контролю (ВТК) та конструктора з відділу головного механіка.

У зв'язку з відсутністю на підприємстві чітко встановлених технічних вимог до ремонту гомогенізатора, складання дефектних (ремонтних) відомостей потребує особливої уважності та високої точності.

Під час розбирання обладнання, а також у процесі його очищення й промивання, усі деталі підлягають ретельному огляду та вимірюванню з метою виявлення пошкоджень і дефектів. У разі необхідності виконується

дефектація відповідно до чинного нормативного положення. Допустимі межі зношування окремих елементів, які можуть бути залишені в експлуатації без порушення функціональності обладнання та безпеки його використання, визначаються з урахуванням конструктивних особливостей вузлів, матеріалів, методів термічної обробки, а також типів навантажень, що виникають під час роботи гомогенізатора.

У даному випадку неможливо визначити допустимі межі зносу деталей вигайковий ключно на основі попереднього досвіду. Кожна дефектна відомість складається індивідуально для конкретного гомогенізатора, що підлягає ремонту, і є основоположним документом, який визначає якість проведених ремонтних робіт.

Складання дефектної відомості здійснюється в такій послідовності:

- спочатку фіксуються загальні дефекти обладнання із зазначенням можливих способів їх усунення;
- далі перераховуються несправності кожного окремого вузла, при цьому вказується, які деталі необхідно замінити, а які — відновити.

Паралельно зі складанням відомості здійснюється дефектація окремих компонентів. Деталі, виготовлені зі сталевого литва, вибраковуються у разі виявлення тріщин або поломок, проте можуть бути відновлені зварюванням. Дрібні чавунні елементи з тріщинами або сколами не підлягають ремонту й одразу бракуються, тоді як великі чавунні деталі з тріщинами можуть бути відновлені шляхом зварювання або штифтування.

У процесі огляду з експлуатації виводяться (вибраковуються) такі елементи:

вали з залишковими деформаціями, тріщинами або іншими пошкодженнями, які неможливо усунути або відновити;

- підшипники кочення, що мають дефекти на доріжках кілець, кульках чи роликах, ознаки корозії на робочих поверхнях або зношені посадочні місця;

- болти, гвинти, шпильки та пробки зі зірваною різьбою;
- пружні шайби та кільця з постійною деформацією або ознаками поломки;
- шпонки зі слідами механічних пошкоджень чи дефектів;
- пружини з виявленими тріщинами.

Грамотно оформлена дефектна відомість із детальним описом усіх виявлених несправностей значно спрощує процес ремонту і є важливим доповненням до технологічної документації.

Після завершення складання дефектної відомості розпочинається її конструктивне опрацювання та підготовка робочих креслень, необхідних для виконання ремонтних робіт як окремих деталей, так і всього гомогенізатора. Відомість дефектів слугує вихідним документом як з технічної, так і з фінансової точки зору.

У ході ремонту здійснюється демонтаж гомогенізуючої головки, деталі якої підлягають технічному обслуговуванню або заміні. Для цього складається відповідна документація: схема (лист 3 графічної частини) та карта розбирання вузла.

Процедура розбирання виконується у визначеній послідовності, а складання – у зворотному порядку. До складання висуваються окремі технічні вимоги, дотримання яких забезпечує правильну роботу вузла.

Послідовність розбирання гомогенізуючої головки наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Послідовність складання вузла гомогенізуючої головки гомогенізатора BLUE-TOP 63.7.

№ п\п	Операції і переходи	Інструмент пристосув., матеріал	Технічні вимоги на процес складання	Професія і розряд працівника	Но-рми часу	При-міт-ки
1	2	3	4	5	6	7

1	Відкрутити гвинт 14, зняти шайбу 17	Гайковий ключ		Слюсар II розряд	3,6	
2	Зняти маховик 15	Викрутка		Те ж	1	
3	Зняти шплінт 16	Молоток		- // -	2	
4	Зняти рукоятку 13	Викрутка		- // -	3,5	
5	Зняти гайку спеціальну 12	Гайковий ключ спеціальний		- // -	2	
6	Відкрутити гвинт 11	Гайковий ключ		- // -	1	
7	Зняти пружину 10	Знімник		- // -	1	
9	Зняти сальник 9	Знімник		- // -	3	
8	Відкрутити шуруп 5, зняти шайбу 18	Гайковий ключ		- // -	0,5	
10	Зняти сидло 20	Знімник		- // -	0,5	
11	Зняти клапан 19	Знімник		- // -	0,5	
12	Зняти втулку 5,	Знімник		- // -	0,5	
13	Зняти прокладку 3			- // -	1	
14	Зняти прокладку 8			- // -	0,5	
15	Зняти прокладку 7			- // -	1	
16	Зняти шток 2	Молоток		- // -	1	
17	Зняти прокладку 4			- // -	1	
18	Зняти корпус 1	Знімник		- // -	1	

Після проведення ремонту гомогенізатор встановлюють у технологічну лінію для виробництва нормалізованого молока.

Перед запуском встановленого гомогенізатора необхідно провести його підготовку до роботи.

3.3. Технологічний процес мехобробки деталі “шток” вузла гомогенізуючої головки

3.3.1 Призначення та характеристика деталі “шток”

Деталь «шток» використовується для кріплення клапана. Її призначення дає уявлення про експлуатаційні умови, зокрема, ймовірні високі ударні навантаження, що висувають підвищені вимоги до пружності та твердості штока, а також до точності співвісності отворів.

Шток є тілом обертання і має центральні отвори з обох протилежних сторін, спеціальні канавки для встановлення ущільнювальних елементів, а також центрувальний конус для правильного базування клапана (див. рис. 3.1).

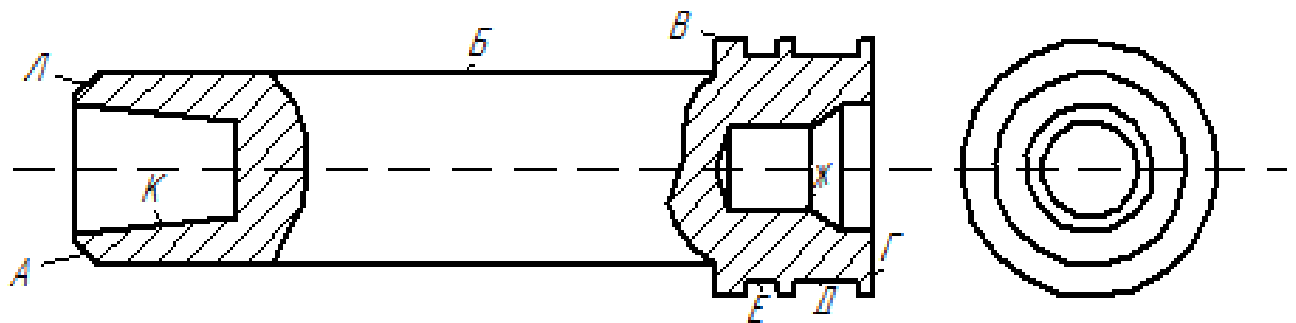


Рисунок 3.1. Ескіз штоку з позначеними оброблюваними поверхнями

Найбільш відповідальними та точними є такі поверхні: центрувальний отвір К, який входить у зачеплення з конусною поверхнею гайкового ключа, а також зовнішня циліндрична поверхня Б, обробка якої відповідає 6-му квалітету точності. Якість цих поверхонь суттєво впливає на загальну

точність штока. Важливим також є дотримання паралельності торців А і Г, причому торець Г служить базою для встановлення упорного підшипника.

Деталь виготовляється зі сталі марки 1Х18Н9Т. Механічні та фізичні властивості цієї сталі наведені в таблицях 3.2, 3.3 та 2.4.

Таблиця 3.2. Мех.властивості сталі 1Х18Н9Т

Сортамент	Размер	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	Термообр.
	мм	МПа	МПа	%	%	-
Пруток, ГОСТ 5949-75	до Ø 60	510	196	40	55	Закалка 1020 - 1100°C, Охлаждение воздух,

Таблиця 3.3. Фізичні властивості даної сталі

хімічний елемент	Вуглець (C), не більше 1	Кремній (Si)2	Марганець (Mn)3	Сірка (S), не більше .	Фосфор(P) , не більше	Хром (Cr)	Нікель (Ni),	Ti
%	<0.12	0.8	<2.0	0.03	0.035	17-20	8-11	(5С-0.8) Ti, решта Fe

Таблиця 3.4. Хімічний склад

Температура випробування, Т	Модуль нормальної пружності, Е 10 ⁻⁵	λ	ρ	R 10 ⁹
° С	МПа	Вт/(м·град)	кг/м ³	Ом·м
20	1.98	15	7920	725

3.3.2. Технологічний контроль

Технологічний контроль креслення деталі полягає у перевірці його відповідності вимогам ЄСКД та ЄСТД, а також у оцінці правильності виконання з урахуванням технологічності конструкції.

На кресленні наведені всі необхідні проекції, розрізи і перерізи, які дають повне уявлення про конструкцію деталі. Вказані всі розміри з відповідними допусками, класи чистоти оброблених поверхонь, допустимі відхилення геометричних форм і взаємне розташування поверхонь.

Креслення містить два види: головний та збоку. Однак не всі розміри проставлені — відсутні розміри конусного отвору, а також не всюди вказані граничні відхилення. Для таких розмірів приймаємо 14-й квалітет точності. Розміри отворів і валів наведені не за стандартами ISO, оскільки відсутні позначення посадок.

Технічні умови щодо незазначених відхилень не встановлені, також відсутні вимоги до термічної обробки, яка є необхідною через умови експлуатації деталі під впливом ударних навантажень. Контроль биття з такою точністю вказаний виконати неможливо.

3.3.3. Аналіз технологічності деталі

Технологічність конструкції виробу — це сукупність властивостей, які визначають її здатність забезпечувати оптимальні витрати при виробництві, експлуатації та ремонті, враховуючи задані показники якості, обсяги виробництва та умови виконання робіт.

Основні цілі аналізу технологічності полягають у зменшенні трудомісткості і матеріаломісткості, а також у можливості обробки деталі високопродуктивними методами.

На основі детальної оцінки технологічності конструкції деталі можна зробити такі висновки:

Технічне завдання не містить інформації про спосіб отримання заготовки. Найімовірніше, для її виготовлення буде використано вільне кування. Заготовка більш складної форми, наближеної до форми деталі, буде значно дорожчою, а поверхня такої заготовки матиме низьку якість. Також у технічному завданні відсутні рекомендації щодо спрощення конструкції

деталі. Рекомендується застосувати зміцнювальну термічну обробку з твердістю 25–30 одиниць HRC для підвищення експлуатаційних характеристик виробу.

Для виготовлення деталі використовується сталь марки 40, яка є недорогою та широко доступною.

Обробка деталі може здійснюватися із застосуванням стандартних різальних інструментів.

Усі технологічні операції з обробки можуть виконуватися на стандартному обладнанні.

Враховуючи результати проведеного аналізу, можна зробити висновок, що деталь має високу технологічність.

3.3.4 Тип та організаційна форми виробництва деталі

Тип виробництва у машинобудуванні визначає різноманітні методи та прийоми виготовлення деталей і вузлів машин. Відповідно до ГОСТ 1108-74 розрізняють такі типи виробництва: одиничний, дрібносерійний, середньосерійний, крупносерійний та масовий. Кожен із них має свої особливості щодо способів обробки поверхонь деталей, технологічного обладнання, оснастки та структури операцій.

Наприклад, в одиничному та дрібносерійному виробництві розробляється лише загальний маршрут обробки без деталізації окремих операцій, оформлений у вигляді маршрутного техпроцесу. При цьому не вказуються величини міжопераційних припусків, розміри та режими різання, а обсяг операцій визначається максимально.

Оскільки у нашому випадку обсяг випуску деталей невеликий, доцільно прийняти одиничний тип виробництва.

У харчовому машинобудуванні застосовують дві основні форми організації виробництва: потокову та групову. Потокова організація характерна для крупносерійного і масового виробництва. Для одиничного виробництва доцільно використовувати групову форму організації, коли

верстатне устаткування і робочі місця об'єднуються або за видами технологічної обробки, або за видами технологічних процесів. Другий спосіб передбачає створення спеціалізованих дільниць за конструкторсько-технологічною ознакою.

У нашому випадку ми обрали групування верстатного устаткування за видами обробки, що полягає у формуванні дільниць із верстатів одного типу. В результаті формується три дільниці: токарна, шліфувальна та дільниця термообробки.

3.3.5. Вибір методу отримання заготовки

Загальний підхід до вибору заготовки полягає у тому, щоб отримати заготовку з формою та розмірами, які максимально відповідають параметрам готової деталі з урахуванням обсягу виробництва. При цьому слід враховувати характеристики матеріалу, конструктивні особливості поверхонь, розміри та вагу заготовки, необхідну точність, а також план виробництва.

Для виготовлення заготовки можна застосувати різні методи. Щоб обрати оптимальний, розглянемо два способи виробництва заготовок і визначимо той, який забезпечить мінімальні витрати:

- прокатка;
- кування.

Собівартість деталі:

$$C=A+B= a \times m \times k_1 \times k_2 \times k_3 + b \times m^{(2/3)} \times k_4 \times k_5 \times k_6 \times k_7 \times k_8$$

де A - собівартість заготовки;

B - собівартість мехобробки;

a - собівартість заготовки середньої складності вагою 1 кг;

прокат $a_1 = 25$ грн./кг.

кування $a_2 = 27$ грн./кг;

b - собівартість мехобробки деталі середньої складності для 1 кг;

прокат $b_1 = 119,85$ грн/кг.

куванням $b_2=119,73$ грн./кг;

m_1 - вага заготовки, 0,3 кг;

m_2 - вага заготовки, 0,25 кг;

k_1 - коефію складності форми (для середньої 1);

k_2 - коеф. вартості мат. (для вуглецевої 1,5);

k_3 - коеф. точності виготовлення (для середньої 1);

k_4 - коеф.врахування, оброблюваності (для вуглецевої 1);

k_5 - коеф. врахування точності розмірів (для 14 квалітету 1);

k_6 - коеф. врахування точності розмірів для (14 квалітету0,26);

k_7 - коеф.врахування ступеня близькості заготовки до деталі за формою (1.5);

k_8 - коеф. співвідношення площі оброблюваної поверхні до загальної площі деталі (для тіл обертання становить 1).

У якості заготовки приймаємо прокат.

3.3.6. Вибір технологічних баз

При проектуванні технологічних процесів особливо важливо правильно вибрати установочні бази, а також визначити порядок їх застосування і зміну під час обробки заготовки. Досягнення необхідної точності забезпечується за рахунок дотримання принципів суміщення та сталості технологічних і вимірювальних баз.

Для виготовлення цієї деталі застосовуються такі схеми базування (рис. 3.2. – 3.4.).

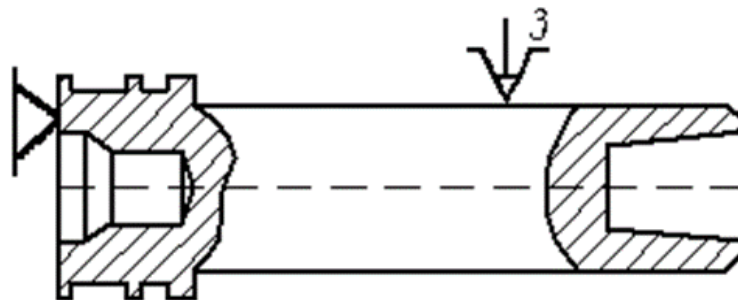


Рисунок 3.2 Базування на операціях 005

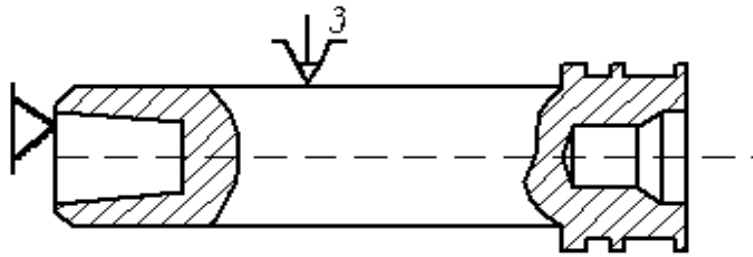


Рисунок 3.3. Базування на операціях 005

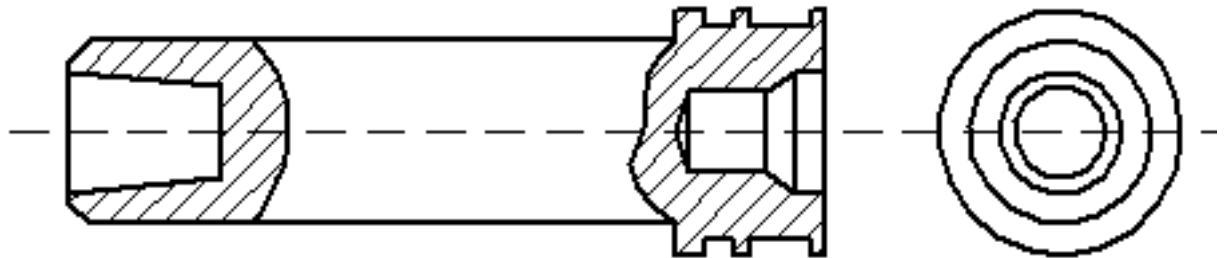


Рисунок 3.4 Базування на операції 010

3.3.7. Вибір технологічного маршруту мехобробки деталі шток вузла гомогенізуючої головки

Технологічний процес обробки формується на основі розробленої заготовки та з урахуванням типу і організаційної форми виробництва. Спершу визначаються поверхні, які потрібно обробити, після чого для кожної з них вибираються можливі методи обробки, що забезпечують необхідні вимоги до якості. Зібрані операції формують маршрут обробки.

Процес технологічної обробки оформлюється поопераційно з переліком усіх переходів, як наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Маршрут обробки

№ п/п операції	Назва операції	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Назва верстата
005 уст. А	Токарна А. Встановити, закріпити пруток 1. Підрізати торець 2. Проточити поверхню в розмір Ø24мм, витримати розмір 85мм 3. Проточити поверхню на чорно 4. Проточити поверхню начисто з підрізанням торця в розмір 60мм 5. Точити фаску 6. Свердлити отвір Ø10мм 7. Підрізати торець в	А, В, Б, Б Л, К, К	В,	16К20

Продовження табл. 3.5.

уст.Б	отворі К витримавши розмір 15мм 8. Розточити конусний отвір 9. Відрізати деталь в розмір 75,5мм Б. Перевстановити заготовку 1. Підрізати торець 2. Точити канавку 3. Точити канавку 4. Свердлити отвір Ø8мм 5. Розсвердлити отвір Ø12мм	К Г, Е, Д, Ж Ж	Б	
010	Шліфувальна А. Встановити, закріпити заготовку 1.Шліфувати поверхню 2.Шліфувати поверхню Начорно 3.Шліфувати поверхню начисто	Б В В	К, Ж	1708

3.3.8. Припуски і міждіаційні розміри. Проектування заготовки

Розрахунок проміжних розмірів і припусків для кожного етапу обробки циліндричної поверхні діаметром 18Н6(0,02) проводиться відповідно до обраного маршруту обробки, який включає такі діації:

чорновеобточування;

чистове обточування;

чистове шліфування.

Розглянемо розрахунок припуску на поверхню Г — посадкову під підшипник діаметром 18Н6, для якої задане шорсткість $R_a = 0,32$.

Для визначення необхідної кількості переходів використовуємо формулу:

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

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_o};$$

де T_z — допуск для заготовки, *мкм.*;

T_o — допуск для деталі, *мкм.*;

ε — логарифмічне значення відхилення допуску, *мкм.*;

$T_z = 330$ *мкм.* для $\varnothing 24$ при ІТ13;

$T_o = 12$ *мкм.* для $\varnothing 18$ при ІТ6.

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_o} = \frac{330}{12} = 27,5;$$

$$n = \frac{\lg(\varepsilon)}{0,46} = \frac{\lg(27,5)}{0,46} = 3.$$

Отже, задану точність можна забезпечити трьома діаціями: напівчистовим розточуванням, чистовим розточуванням та шліфуванням.

Згідно з таблицями [4] для кожного з цих переходів визначаються шорсткість поверхні, глибина дефектного шару, допустимі відхилення та похибки базування.

Заготовка $Rz = 60 \text{ мкм.}; T = 330 \text{ мкм.}$

Точіння чорнове:

$$Rz = 40 \text{ мкм.}; T = 80 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$$Rz = 20 \text{ мкм.}; T = 30 \text{ мкм.}$$

Шліфування:

$$Ra = 0,32 \text{ мкм.}; T = 12 \text{ мкм.}$$

Відхилення за формулою

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

$$\Delta_k = 0,7 \text{ мкм./мм.}$$

Довжина, для якої рахується відхилення $l = 60 \text{ мм.}$

$$\rho_k = L \cdot \Delta_k = 60 \cdot 0,7 = 42 \text{ мкм.};$$

$$\rho_y = 0,25 \text{ мм.}$$

Підставимо у формулу, буде:

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2} = \sqrt{42^2 + 250^2} = 252 \text{ мкм.};$$

Після завершення чорнового точіння буде:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 252 = 15,1 \text{ мкм.};$$

Після завершення чистового точіння буде:

$$\rho_1 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 251 = 10,1 \text{ мкм.};$$

Похибка базування становить $\varepsilon = 0$ (для самоцентруючого патрона)

Визначимо значення мінімальних припусків.

-чорнове точіння:

$$2 \cdot z_{\min 1} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (60 + 330 + 252) = 2 \times 642 \text{ мкм.}$$

чистове точіння:

$$2 \cdot z_{\min 2} = 2 \cdot (40 + 80 + 15,1) = 2 \times 135,1_{\text{мкм.}}$$

Для шліфування:

$$2 \cdot z_{\min 3} = 2 \cdot (15 + 18 + 10,1) = 2 \times 43,1_{\text{мкм.}}$$

Розрахункові діаметри деталі:

$$d_{p1} = 18,78 - 2 \cdot 0,942 = 18,7_{\text{мм.}}$$

$$d_{p2} = 18,7 - 2 \cdot 0,0135 = 18,51_{\text{мм.}}$$

$$d_{p3} = 18,51 - 2 \cdot 0,501 = 18,41_{\text{мм.}}$$

Мінімальні граничні розміри:

$$d_{\min 1} = 18,41 - 0,78 = 18,62_{\text{мм.}}$$

$$d_{\min 2} = 18,51 + 0,22 = 18,73 \text{ мм.};$$

$$d_{\min 3} = 18,7 + 0,087 = 18,78 \text{ мм.};$$

$$d_{\min 4} = 18,87 + 0,035 = 18,90 \text{ мм.}$$

Граничні припуски:

$$2 \cdot z_{\max 1} = 18,73 - 17,62 = 1,11 \text{ мм.};$$

$$2 \cdot z_{\max 2} = 18,78 - 18,73 = 0,5 \text{ мм.};$$

$$2 \cdot z_{\max 3} = 18,90 - 18,78 = 0,12 \text{ мм.};$$

$$2 \cdot z_{\min 1} = 18,51 - 17,41 = 1,1 \text{ мм.};$$

$$2 \cdot z_{\min 2} = 18,7 - 18,51 = 0,19 \text{ мм.};$$

$$2 \cdot z_{\min 3} = 18,87 - 18,7 = 0,17 \text{ мм.}$$

Номинальний припуск:

$$z_{\text{ном}} = z_{\min} + ei_{i-1} + ei_i = 1640 + 35 + 87 + 220 = 1982 \text{ мкм.};$$

Результати представляємо у вигляді таблиці 3.7.

На інші поверхні деталі шток припуски і допуски приймаємо за стандартами та зводимо у таблицю 3.7.

Таблиця 3.7. Таблиця припусків і допусків

Розмір, мм.	Припуск, мм.		Допуск мкм.
	табличний	розрахунковий	
Торці	2*2,5	--	330
Ø18H6	-	2*1,982	35
Ø24	2*1,5	--	65
Ø12	2*1,5	--	330
Ø8	2*1,5	--	330
60	2,5	--	330
15	2,5	--	870
Фаски	2,5	--	740

Схему припусків показано на рисунку 3.5.

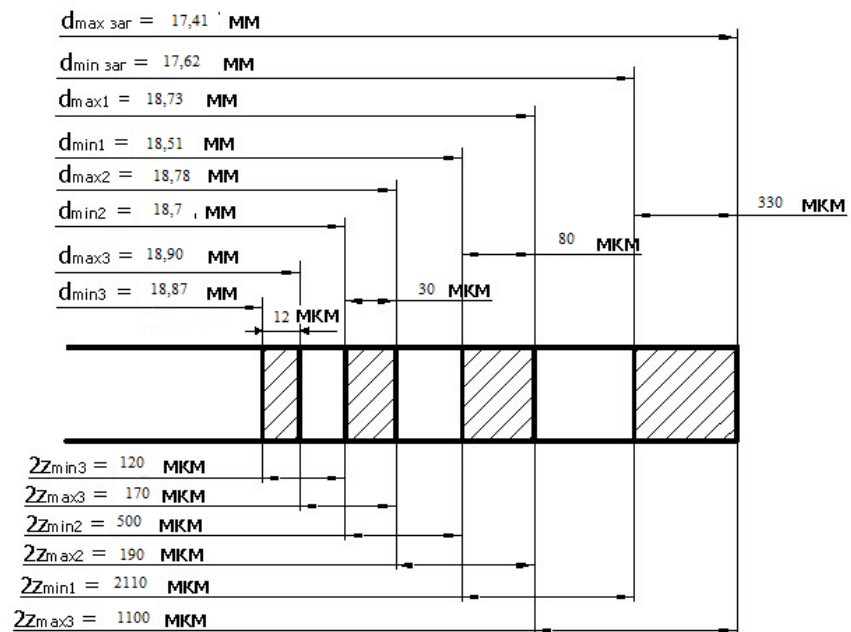


Рисунок 3.5. Схема розміщення припусків та допусків на поверхню штока з діаметром $\varnothing 106H7$

3.3.9. Підбір різального та допоміжного інструменту. Методи і засоби техконтролю

Підбір різального та допоміжного інструменту здійснено відповідно до вимог та оформлено як таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Вибір різального та вимірювального інструменту.

№ п/п	Назва операції (переходу)	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
005 уст. А	Токарна 1. Підрізати торець А 2. Проточити зовнішню поверхню В в розмір $\varnothing 24$ 3. Проточити поверхню Б начисто	Прохідний упорний різець з швидкоріжучої сталі Різець прохідний упорний 2102-4048	Штангенрейсмас 41Р. Штангенциркуль ШЦ.-1-125-0.1

№ п/п	Назва операції (переходу)	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
уст. Б	підрізанням торця в розмір 60 мм. 4. Точити фаску Л 5.Сверлити отвір Ø10 мм. К 6.Підрізати торець в отворі К витримавши розмір 15мм. 7.Розточити конусний отвір К 8.Відрізати деталь в розмір 75,5мм. 9.Точити канавку Е 1. Точити канавку Д 2. Свердлити отвір Ø8мм. Ж 3. Розсвердлити отвір Ø12мм. Ж	Різець фосочний Сверло Ø10 Розточний різець упорний 2136-4159 Різець 2112-0032; Різець відрізний Різець відрізний Різецьвідрізний Сверло спіральне Ø8 Свердлоспіральне Ø12	
010	Шліфувати поверхню Б	Круг шліфувальний ПВ	Зразки шорсткості Гладкий мікрометр

ля кріплення інструменту застосовуються різні засоби інструментального оснащення (див. таблицю 3.7).

Під час вибору інструментальних пристроїв беруть до уваги:

тип механічної обробки;

конструкцію посадкового місця на верстаті;

форму і розміри інструменту.

Таблиця 3.7. Засоби інструментального оснащення

№ п/п	Назва операції	Назва пристрою
1.	Токарна	Різцетримач з циліндричним хвостовиком і з перпендикулярним відкритим пазом.
2.	Токарна свердління	Втулки перехідні з хвостовиком конусністю 7:24 і внутрішнім конусом Морзе.

3.3.10. Режими різання по операціях

Розрахунок режимів різання для операції 005 (токарно-гвинторізна обробка)

Проведемо аналітичний розрахунок режимів різання для обробки поверхні діаметром 18Н6 згідно з технологічним процесом. Для інших операцій і переходів режими різання будемо вибирати за нормативними даними.

Вихідні дані:

Верстат: токарно-гвинторізний моделі 16K20

Заготовка: пруток із сталі 1X18Н9Т

Інструмент:

а) Чорнове точіння – прохідний упорний різець із ріжучою кромкою з матеріалу Т15К6

б) Чистове точіння – прохідний упорний різець із ріжучою кромкою з матеріалу Т15К6

Інструмент закріплюється за допомогою різцетримача з циліндричним хвостовиком і перпендикулярним відкритим пазом.

Виходячи із загального припуску на обробку в 2,5 мм та з урахуванням припуску на шліфування в 0,25 мм, визначаємо глибину різання при точінні:

а) для чорнового точіння глибина становить $t = 2,5 - 0,25 = 1,75$ мм

$$1,75t=2,5-0,25=1,75 \text{ мм};$$

б) для чистового точіння глибина дорівнює 0,25 мм.

Пластинка з твердого сплаву має міцність, що дозволяє використовувати подачу $S=2,6S = 2,6S=2,6 \text{ мм/об}$ (табл. 13, с. 268 [5]).

Для досягнення шорсткості поверхні $R_z=20R_z = 20R_z=20$ при чистовому точінні допустима подача складає $S=0,6S = 0,6S=0,6 \text{ мм/об}$ (табл. 14, с. 268 [5]).

Враховуючи паспортні дані верстата, остаточно встановлюємо подачі:

а) для чорнового точіння — $S=0,8S = 0,8S=0,8 \text{ мм/об}$;

б) для чистового точіння — $S=0,6S = 0,6S=0,6 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання обчислюється за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

де C_v, x, y, m – коеф., які рівні:

$C_v = 350; x=0,15; y=0,35; m=0,2$ відповідно для чистового та чорнового точіння.

T – період стійкості. При одноінструментній обробці він становить $T = 30 - 60 \text{ хв}$.

Прийmemo $T = 50 \text{ хв}$.

K_v – комплексний коеф., він залежить від різних факторів.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}.$$

$$K_z = 0,95 \quad .$$

$$n_v = 1,0 \quad .$$

$$K_{nv} = 1,0 \quad .$$

$$K_{uv} = 1,0 \quad .$$

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{640} \right)^1 = 1,11.$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} = 1,11 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,11.$$

Таким чином швидкість різання буде:

а) для чорнового точіння:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,8^{0,35}} \cdot 1,11 = 200,9 \text{ м/с};$$

б) для чистового:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,8^{0,35}} \cdot 1,11 = 238,3 \text{ м/с}.$$

4) Кількість обертів шпинделя:

а) чорнове точіння

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 200,9}{3,14 \cdot 24} = 2665,87 \text{ об/хв};$$

б) чистове точіння

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 238,3}{3,14 \cdot 18} = 4216,2 \text{ об/хв}.$$

5) Дійсна швидкість різання:

а) чорнове точіння

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 2665,87}{1000} = 200,9 \text{ м/с};$$

б) чистове точіння

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 4216,2}{1000} = 238,3 \text{ м/с}.$$

6) Потужність, що затрачається на різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$$

де P_z – тангенціальна сила;

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p;$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75, n = -0,15 \quad (\text{табл.22, с. 273 [5]}).$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\varepsilon p};$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n; \quad n = 0,75 \quad .$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{640}{750} \right)^{0,75} = 0,89;$$

$$K_{\phi p} = 0,89 \text{ - чорнове розточ.}, \quad K_{\phi p} = 1 \text{ - чистове розточ.}, \quad K_{\gamma p} = 1,1;$$

$$K_{\lambda p} = 1; \quad K_{\varepsilon p} = 1$$

Таким чином:

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 200,9^{-0,15} \cdot 0,87 = 740 \text{ Н};$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 238,3^{-0,15} \cdot 0,97 = 263 \text{ Н}.$$

Потужність процесу різання:

а) чорнове:

$$N = \frac{P_{z1} \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{740 \cdot 200,9}{1020 \cdot 60} = 2,43 \text{ кВт};$$

б) чистове:

$$N = \frac{P_{z1} \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{263 \cdot 238,3}{1020 \cdot 60} = 1,02 \text{ кВт}..$$

7) потужність на шпинделі верстата буде:

$$N_{un} = N_{\phi v} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}.$$

Потужність на шпинделі буде вищою від розрахункового значення, таким чином верстат зможе виконати потрібні операції.

Після завершення операцій точіння поверхню деталі шліфують кругом 20х5х10 ПВ ГОСТ 2424-67 до шорсткості Ra=0,32.

Таблиця 3.8 Таблиця режимів різання за операціями

№ п/п	Назва операції, переходу, позиції	Перехід	L , мм.	t , мм.	S_p , мм./об	n , об/хв	V , м/хв, м/с	Час різання, T_0 , хв	По-дача, S_m , мм./хв
005 уст. А	Токарно-гвинторіз на	1	-	1,0	0,8	315	159,7	0,65	252
		2	85	0,5	0,8	315	189,9	0,53	252
		3	85	0,5	1,0	210	125,9	0,45	210
		4	60	0,6	0,6	315	169,1	0,34	189
		5	3	0,5	0,32	146	29,9	3,9	56
		6	15	0,5	0,6	315	188,9	0,26	189
		7	15	0,5	0,8	210	171,4	0,65	168
		8	15	1,0	0,6	210	131,9	0,72	126
		9	-	0,1	0,6	315	116,6	3,2	189
		1	-	0,5	0,8	210	114,2	3,4	168
		2	1,5	5	0,32	295	12,0	4,20	245
		3	1,5	1	0,48	280	7,0	1,7	189
		4	7,5	0,5	1,0	210	125,9	0,45	210
		5	3	0,6	0,6	315	169,1	0,34	189
010	Кругло-шліфувальна	1	61	5	0,34	180	6	3,2	245
		2	110	8	0,6	180	6	4,2	245
		3	54	5	0,34	180	6	3,2	245

3.3.10. Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Норми часу визначаються на основі технологічних розрахунків і для операції 005 виконуються розрахунково-аналітичним методом, враховуючи одиничне виробництво. Для інших операцій норми часу приймаються відповідно до нормативних даних [4].

Основний технологічний час обчислюється за формулою:

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S}, \text{ хв}$$

де $l = 61$ довжина поверхні;

$\Delta=1$ - перебіг різця.

$y = t \cdot ctg \varphi = 0,5 \cdot ctg 90^\circ = 0$ - величина врізування різця;

φ кут загострення процесу різання.

Норма штучного часу обробки:

$$T_{шт} = T_0 + t_\partial + t_{обсл} + t_{відп}$$

де T_0 – основний час обробки;

t_∂ – допоміжний час обробки;

$t_{обсл}$ – час обробки на обслуговування робочого місця;

$t_{відп}$ – час обробки на відпочинок.

$t_{уст.з}=0,1хв$ – час встановлення заготовки.

час обробки на встановлення і зміну інструменту

$t_{уст}=0,14хв$;

Час обробки на керування верстатом

$t_{уп} = 0,12хв$;

Час обробки на вимірювання деталі

$t_{вим} = 0,08хв$;

Загальний допоміжний час для процесу:

$$T_{дон} = t_{уст} + t_{уст.з} + t_{уп} + t_{вим} = 0,14 + 0,12 + 0,08 + 0,1 = 0,44хв$$

Оперативний час буде:

$$T_{он} = T_{дон} + T_0 = 0,44 + 3,6 = 4,04хв.$$

Час, що затрачається на обслуговування робочого місця

$$T_{обсл} = 4\%T_{он} = 0,04 \cdot 4,04 = 0,16хв$$

Час, що затрачається на відпочинок і природні потреби

$$T_{відп} = 4\%; T_{он} = 0,16хв$$

Штучний час, що затрачається на операцію

$$T_{шт} = 4,04 + 0,16 + 0,16 = 4,36хв .$$

$$T_{п.з.} = 24хв .$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = \varphi_k \cdot T_0 .$$

$\varphi_k = 2,14$ для серійного виробництва;

$$T_{ш.к.} = 2,14 \cdot 3,6 = 7,70хв$$

Отримані результати представлені у вигляді таблиці 3.9.

Таблиця 3.9. – Штучний час по операціях техпроцесу

№ п/п	t_o , хв	$t_{доп}$, хв				$t_{оп}$, хв	$t_{обс}$, хв	$t_{відп}$, хв	$t_{шт}$, хв	t_k , хв
		$t_{уст}$,	$t_{упр}$,	$t_{закр}$,	$t_{вим}$,					
005 Токарна	8,0	0,1	0,05	0,06	0,1	8,25	0,49	0,49	9,24	9,31
010 Шліфувальна	3,6	0,2	0,45	0,16	0,16	4,57	0,27	0,27	5,11	5,18

3.3.11. Види обладнання та його кількість

Попередній вибір обладнання здійснюється під час визначення методу обробки поверхні, а загальні вимоги до вибору регламентуються ГОСТ 14.404-73.

Остаточний вибір обладнання виконується відповідно до рекомендацій [5], базуючись на таких критеріях:

- габарити верстату мають відповідати розмірам оброблюваних деталей;
- продуктивність верстату повинна відповідати обсягу виробництва;
- конструкція верстату має забезпечувати можливість механізації та

- автоматизації процесів обробки із застосуванням оптимальних режимів різання.

Беручи до уваги наведені вище критерії, для цього технологічного процесу обрано такі моделі обладнання:

для операції 005 — токарний верстат моделі 16K20;

для операції 010 — круглошліфувальний верстат моделі 3Б161. Технічні характеристики обладнання

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20

найбільший діаметр виробу, встановленого над станиною, 400мм.

найбільший діаметр точіння над нижньою

частиною поперечного супорта, 220мм.

Найбільший діаметр оброблюваного прутка, 50мм.

Найбільша довжина обточування, 1400мм.

Відстань між центрами, 12,5-1600мм.

діапазон частот обертання шпинделя, 0,05- 2,8об/хв

Межі подач

Поздовжніх

поперечних 0,025 - 1,4

Кроки різьб:

метричної, мм. 0,5 - 112

дюймової (число ниток на 1") 56 - 0,25

модульної (в модулях) 0,5 - 112

пітчевої (в пітчах) 56 - 0,25

Діаметр головного отвору в шпинделі, мм. 52

Потужність головного електродвигуна, кВт 10

Категорія ремонтної складності 27

Шліфувальний верстат мод. ЗБ161

Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм.	280
Найбільша довжина оброблюваної деталі, мм.	1000
Частота обертання шпинделя, об/хв.	1080; 1240
Кількість швидкостей патрона	б / с
Межі чисел обертів поводкового патрона, об/хв.	63 - 400
Потужність електродвигуна	7,5 кВт
Габарити	4100x2100 мм.
Категорія ремонтної складності	37

Потрібна кількість обладнання:

$$m_p - \frac{T_{um}}{\tau};$$

$$C_p^{0.05} = \frac{39.31}{48.18} = 0.82;$$

$$C_p^{0.10} = \frac{19.37}{48.18} = 0.40;$$

Коефіцієнт завантаження обладнання визначається як відношення розрахункової кількості верстатів, задіяних на виконання даної операції, до фактичної кількості наявних верстатів:

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n} \times 100 \%$$

$$\eta_3^{0.05} = \frac{0.82}{1} \times 100 = 82;$$

$$\eta_3^{0.10} = \frac{0.40}{1} \times 100 = 40;$$

Ступінь використання верстату для машинної обробки деталей за змінною кількістю і розмірами поверхонь визначається коефіцієнтом завантаження обладнання за основним часом. Цей коефіцієнт обчислюється як відношення основного часу до штучного:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{um}} \times 100$$

$$\eta_o^{005} = \frac{8.0}{9.31} \times 100 = 86;$$

$$\eta_o^{010} = \frac{17.0}{19.44} \times 100 = 87;$$

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони 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 обліковуються 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 закінчитись травмою. За природою дії шкідливі і небезпечні фактори поділяють на фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Піцик В.О.						
Перевір.		Окіпний І.Б.						
Н. контр.		Ворожук В.Я						
Затверд.		Вітенько				ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		

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 прийняття неправильного рішення і закінчитись 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 ІЧ 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 55-245°C. В приміщеннях багатьох підприємств виділяється пара. Температура повітря в літній час в ряді випадків на робочому місці складає 30 - 38°. Печі є джерелом ІЧ 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 дію, 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 виробництва; 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 виробництва дуже різноманітні, однак є ряд загальних вимог здійснення яких сприяє їх безпеці, а саме:

- усунення безпосереднього контакту людей з вихідними речовинами, матеріалами і відходами виробництва, 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 зо 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

Аналіз сучасних способів гомогенізації свідчить, що кожен метод має свої особливості і сфери застосування. Найпопулярнішим залишається клапанний спосіб завдяки своїй ефективності. Ультразвук та мембранні технології - перспективні напрямки, які можуть стати більш поширеними завдяки щадному впливу на молоко і підвищенню якості продукту. Ротаційні методи - прості та доступні, але менш точні.

Огляд патентів дозволив зробити висновок, що сучасні розробки демонструють різні технологічні підходи, які допомагають покращувати процес гомогенізації молока, забезпечуючи високу якість, стабільність і безпеку молочних продуктів.

У результаті структурного аналізу та розрахунку було визначено основні параметри гомогенізатора.

Розроблені заходи із ремонту та обслуговування гомогенізатора дозволять створити умови для ефективної експлуатації машини.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Піцик В.О.			Висновки	Літ.		Арк.	Акрушів	
Перевір.		Кравець О.І.								
Н. контр.		Ворошук В.Я				ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41				
Затверд.		Вітенько								

Перелік посилань

1. Вітенько Т., Ворощук В. Навчально-методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 – «Механічна інженерія». ФОП Паляниця, 2024. 52 с.

2. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.

3. Ялпачик В. Ф., Ломейко О. П., Циб В. Г., Ялпачик Ф. Ю., Самойчук К. О., Олексієнко В. О., Шпиганович Т. О. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств : лабораторний практикум. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2014. 235 с.

4. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67с.

5. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.

6. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Піцик В.О						
Перевір.		Кравець						
Н. контр.		Ворощук В.Я				ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		
Затверд.		Вітенько						

національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

7. Кирпа М. Технологія післязбиральної обробки та сушіння зерна / М. Кирпа // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2017.

8. Кравець, О. І.; Шинкарик, М. М. Компресійно-фільтраційне сушіння пружно-пластичних харчових мас. Збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення», м. Брно (Чеська Республіка), 2018, 56-59.

9. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., ... & Rozbytska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo, 17(1).

10. Кравець О.І. Особливості фільтраційно-компресійного сушіння харчових мас / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик // матеріали Міжн. наук.-техн. конф. «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», 14-15 трав. 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 223.

11. Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Kolomiiets, O., Chahaida, A., Kravets, O., Fedoriv, V., ... & Radchenko, I. (2025). Determining the influence of drum mixer parameters on the change in dough components concentration at the initial mixing stage. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2.

12. Лобур Д.Ю. Шляхи зниження енергоємності процесів сушіння дисперсних матеріалів / Д.Ю. Лобур, О.І. Кравець // зб. тез доп. XIII Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2024 р. Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 335-336.

13. Кравець В.І. Вплив пористості казеїну на процес його компресійно-фільтраційного сушіння / В.І. Кравець, М.А. Стадницький, М.М. Шинкарик, О.І Кравець // мат. Міжнародної науково-практичної

конференції: «Біотехнології продовольчих продуктів: проблеми і перспективи» 10 грудня 2024 р. м. Київ : ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод». 2024. С.41-44.

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.

15. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.

16. Shynkaryk, M., Kravets, O., & Venhrynovych, S. (2021). Features of pressing the juice from viburnum berries. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 101(1), 94-101.

17. Мостенська Т. Г. Екологічні загрози при виробництві харчових продуктів // Екологічні проблеми. – 2015. № 3. – С.93-99.

18. Кравець О.І. Дослідження компресійно-фільтраційних властивостей казеїну-сирцю / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик, В.І. Кравець, М.А. Стадницький // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.4, 2024. С. 227-237

19. Паперняк Р.В. Комплексний підхід до оцінки машинно-апаратного забезпечення виробництва сиру кисломолочного/ Р.В. Паперняк, М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, Б.Я. Лукіяничук // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.5, 2024. С. 214-224

20. Heat exchange in a chamber apparatus with a circulation circuit during cheese masses production / Mariia Shynkaryk, Viktor Voroshchuk, Oleh Kravets, Olha Krupa, Natalia Zvarych // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 43–53.

21. Пат. на корисну модель №152833 МПК А01J 9/00. Великогабаритний резервуар для зберігання рідких продуктів. Шинкарик М.М., Вітенько Т.М., Ворощук В.Я. Кравець О.І.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя – № u2021 07224, заявл. 13.12.2021 ; опубл. 20.04.2023, Бюл. № 16.

22. Шинкарик М. М. Комплексний підхід до оцінки якості технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного неперервним способом / М. М. Шинкарик, О.І. Кравець, Паперняк Р.В.// Зб. тез доп. XIV Міжнародної науково-практичної конференції Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем 23-24 травня 2024 р. м. Чернігів, 2024. С. 310-312.

23. 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.

24. 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.

25. 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

26. 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.

Додатки

Специфікації