

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Мирончук В.Г.

“ ____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бруква Олексій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація валкового екструдеру ВЕ-07 для виготовлення вірменського лавашу

керівник проекту (роботи) Бабко Євген Миколайович, доц., канд. тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» березня 2021 р. № 227-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2021р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, обґрунтування модернізації (удосконалення), характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охорони праці; висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

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

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 19.04.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	23.04.2021	
2	<i>Вступ</i>	23.04.2021	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	30.04.2021	
4	<i>Обґрунтування модернізації (удосконалення)</i>	30.04.2021	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	07.05.2021	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	07.05.2021	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	07.05.2021	
8	<i>Розрахункова частина</i>	14.05.2021	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	14.05.2021	
10	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту</i>	18.05.2021	
11	<i>Опис системи управління</i>	21.05.2021	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	21.05.2021	
13	<i>Висновки</i>	28.05.2021	
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А3</i>	28.05.2021	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.06.2021	

Здобувач

_____ (підпис)

Бруква О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабко Є.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті був використаний валковий екструдер ВЕ-07, після модернізації ВЕ-15.

Модернізація стосується вузла нагнітання, а саме у покращені умов обслуговування. Ця модернізація дозволяє обслуговувати підшипники без розбіру обладнання, полегшує і пришвидшує процес змащення, чим зменшує простій обладнання у неробочому режимі.

Були проведені такі розрахунки як: технологічний, енергетичний, кінематичний та розрахунок передач (зубчасті та ланцюгова).

Перевірка обладнання дала позитивний результат, а з використанням розрахунку передач програмою КОМПАС-3D було підтверджено, що всі умови дотримані і передачі працюють справно.

Ключові слова: вал, екструдер, нагнітач, тістова стрічка, заготовка.

SUMMARY

In the thesis project the roller-type extruder ВЕ-07 was used, after modernization of ВЕ-15.

The upgrade concerns the injection unit, namely in improved service conditions. This upgrade allows the bearings to be serviced without disassembly of the equipment, facilitates and speeds up the lubrication process, thus reducing the downtime of the equipment when not in use.

The following calculations were performed: technological, energy, kinematic and calculation of gears (gear and chain).

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва Анотація	170478.ДП.14.00.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

The inspection of the equipment gave a positive result, and using the calculation of gears by the program KOMPAS-3D it was confirmed that all conditions are met and the gears work properly.

Key words: shaft, extruder, supercharger, dough tape, workpiece.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛАДНАННЯ АНАЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОПИС ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ	
3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТНА.....	
3.1. Технологічний розрахунок.....	
3.2. Енергетичний розрахунок.....	
3.3. Кінематичний розрахунок.....	
3.4. Розрахунок передач	
4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	
5. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ.....	
5.1. Підготовка до роботи.....	
5.2. Порядок роботи.....	
5.3. Технічне обслуговування.....	
5.4. Миття та дезінфекція.....	
6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ, ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва Зміст	170478.ДП.14.00.ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

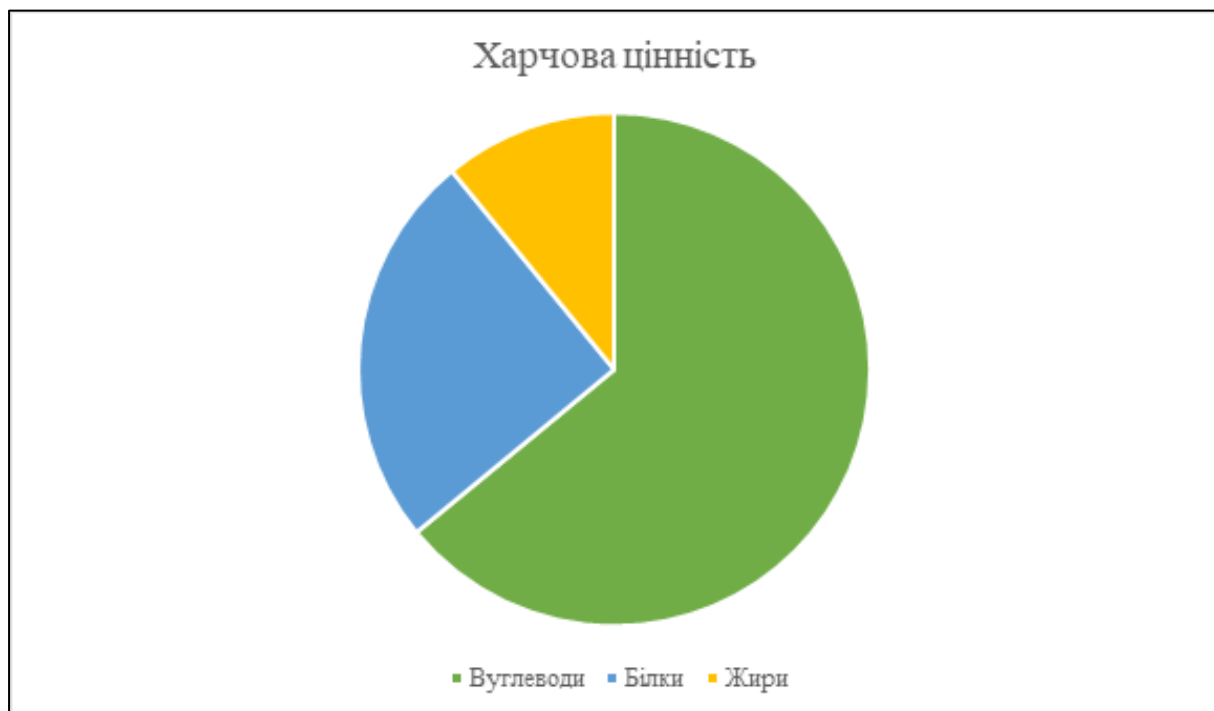
ВСТУП

У дипломному проєкті розглядається валковий екструдер ТОВ «UTF GROUP» для формування нескінченної стрічки тіста при виготовлення вірменського лавашу.

Вірменський лаваш — один з різновидів прісного хліба у вигляді тонкої стрічки, який виготовляється з пшеничної муки, води і солі.

Харчова цінність у співвідношенні вуглеводи-білки-жири вказана на діаграмі 1 у таких відсотках: вуглеводи — 64%, білки — 25%, жири — 11%.

Діаграма 1. Харчова цінність



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва Вступ	170478.ДП.14.00.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

Мінерали та вітаміни, які знаходяться у готовому продукті, вказані у таблиці 1 і таблиці 2 відповідно.

Табл. 1. Мінерали у вірменському лаваші

Мінерали									
Кальцій	Залізо	Магній	Фосфор	Калій	Натрій	Цинк	Мідь	Марганець	Селен
15 мг	3,06 мг	69 мг	180 мг	170 мг	527 мг	1,52 мг	0,29 мг	1,74 мг	44 мкг

Табл. 2. Вітаміни у вірменському лаваші

Вітаміни	Тіамін	0,339 мг
	Рибофлавін	0,08 мг
	Нікотинова кислота	2,84 мг
	Пантотенова кислота	0,831 мг
	Вітамін В-6	0,265 мг
	Фолати	35 мкг
	Фолієва кислота (харчова)	35 мкг
	Фолієва кислота (DFE)	35 мкг
	Холін	26,5 мг
	Каротин (бета)	4 мкг
	Вітамін А	
	Лютеїн + зеаксантин	53 мкг
	Вітамін Е (альфа-токоферол)	0,61 мг
	Вітамін К (філлохинон)	1,4 мкг

Виробництво лавашу за національними традиціями відбувається власноруч. При цьому тісто замішується людиною, після чого відбувається розкатування тіста скалкою, розтягування на спеціальних подушках і подальше випікання у тондирі (рис. 1) — печі, яка вирита в землі і яка являє собою традиційну піч на півночі Індійського субконтиненту, Кавказі та в Середній Азії.



Рис. 1. Ручне виготовлення вірменського лавашу

Але подібний метод, хоч і дає оригінальний смак, зовсім неефективний з точки зору продуктивності та економічності. Для виготовлення якісного лавашу необхідне дотримання трьох умов, а саме: рецепт, високоякісна мука і забезпечення тонкої стрічки з тіста. Перші дві умови прості у дотриманні, проте для забезпечення малої товщини листа тіста необхідно використовувати спеціальне обладнання. Тому зараз на виробництві поширені автоматизовані лінії (рис. 2) для виготовлення лавашу, за допомогою яких продуктивність зростає та з погляду економічності такий метод більш слушний.



Рис. 2. Автоматизована лінія для виготовлення вірменського лавашу

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛАДНАННЯ АНАЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Процес формування харчових середовищ — один з найскладніших процесів харчової технології. В цьому процесі розкриваються найрізноманітніші фізико-механічні властивості формуючого матеріалу. Тому конструкторські рішення формуючих машин повністю визначається технологічними властивостями певного середовища.

Формуванням називається технологічний процес придання сировині, яка переробляється, певної форми.

Екструзією називається технологічний процес продавлення маси, що переробляється через формуючі отвори матриці. [1]

Екструдер — машина для формування пластичних матеріалів шляхом надання їм форми за допомогою продавлювання (екструзії) через профілюючий інструмент.

Види екструдерів:

• за типом робочого органу:

- 1) дискові;
- 2) поршневі;
- 3) валкові;
- 4) одношнекові;
- 5) гвинтові,
- 6) багатошнековий;
- 7) зубчасті;
- 8) комбіновані.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва 1. Аналіз конструкцій	170478.ДП.14.01.ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.	аналогічного призначення	Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

- за частотою обертання шнека:

- 1) нормальні;
- 2) швидкохідні.

- за конструктивним виконанням:

- 1) стаціонарні;
- 2) з обертовим корпусом;
- 3) з горизонтальним розташуванням шнека;
- 4) з вертикальним розташуванням шнека.

Поршневі та валкові екструдери надають щадну дію на перероблюваний продукт, їх використовують для формування продукту з ніжною консистенцією.

Валкові екструдери застосовують в машинах без матриць, зубчасті — для формування однорідних і гомогенних матеріалів в машинах з матрицями.

Різні моделі екструдерів відрізняються конструктивним виконанням елементів, що входять в робочу частину, кількістю робочих камер, наявністю додаткових систем, які розширюють технологічні можливості екструдерів, конструкцією живильників, приводів тощо.

Вибір типу нагнітача залежить як від властивостей перероблювальної маси, так і від технологічних вимог до її обробки.

Поршневі і валкові нагнітачі надають щадну дію на перероблювальний продукт, тому їх доцільно використовувати для формування мас ніжної консистенції.

Використання поршневого нагнітача недоцільно при включенні екструдера в потокову лінію, оскільки це нагнітач періодичної дії.

Валкові нагнітачі найкраще застосовувати в машинах без матриці як каландри (каландрування розглядається як окремий випадок екструзії), наприклад, в тих випадках, коли необхідно отримати напівфабрикат у вигляді стрічки. [1]

Товщина шару стрічки при безматричному формуванні визначається відстанню між формуючими валками. Зубчасті нагнітачі доцільно застосовувати для формування однорідних і гомогенних матеріалів. Їх недоліком є пульсація створюваного тиску.

Прилад для формування заготовок з тіста методом екструзії (Патент RU 2327351, рис. 1.1) має бункер, двовалковий нагнітач, передматричну камеру, встановлену під кутом у нижній стулці валків і змонтовану на її виході матрицю з формуючими отворами, зробленими у стулці щілини між валками, при цьому один валок розташований вище іншого. [2]

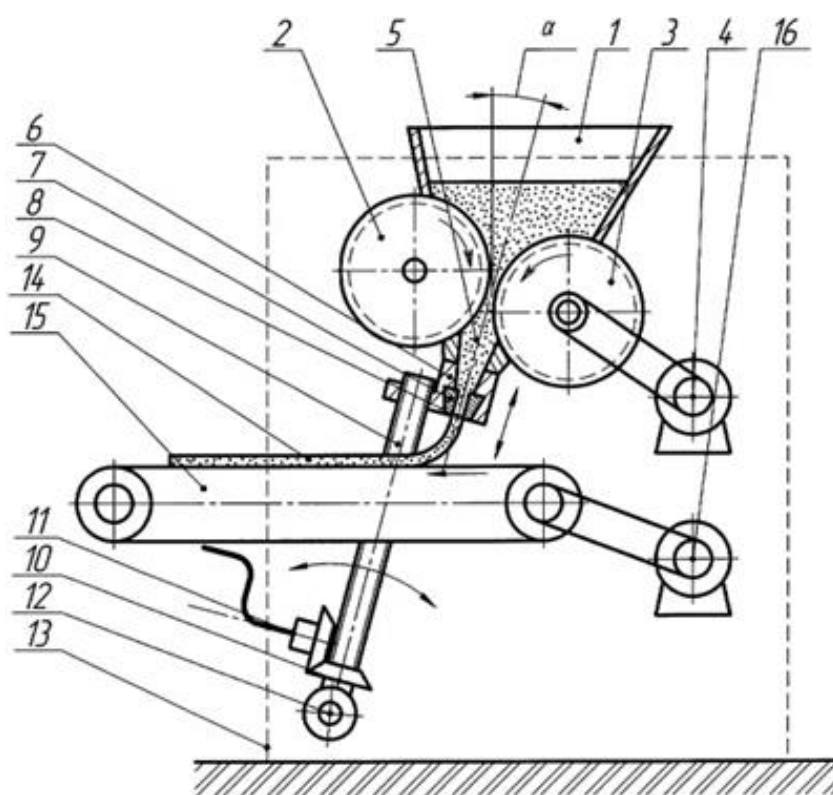


Рис. 1.1. Прилад для формування заготовок з тіста методом екструзії

Екструдер відноситься до харчової промисловості, а саме до пристроїв з валковим нагнітачем для придання форми еластичним матеріалам, таким як хлібне тісто та призначене для виробництва неперервних заготовок шляхом продавлення сировини через профільюючі отвори.

Обладнання має бункер 1, встановлені під ним двовалковий нагнітач, являючи собою паралельні рифлені валки 2 і 3 з можливістю обертання назустріч одне одному завдяки приводу 4. Валки 2 і 3 розташовані відносно одне одному з проміжком, причому валок 2 розташований вище валка 3. У нижній стулці валів 2 і 3 під кутом α встановлена передматрична камера, на її виході змонтована матриця 6. У ній передбачені філери 7 з формуючими отворами 8, які зроблені у стулці щілини між валками 2 і 3. Для зменшення супротиву переміщенню тіста, філери 7 можуть бути виготовлені з полімерного матеріалу, наприклад з фторопласту.

Матриця 6 встановлена на двох гвинтових валах 9 з можливістю переміщення формуючих отворів 8 у стулці щілини між валками 2 і 3 за допомоги передачі 10 із ручним приводом 11. Це забезпечує вільний доступ оператору до філерів 7. Гвинтові вали 9 змонтовані на осі 12, паралельної до осей валків 2 і 3. Таким чином, вузол 5 і 6 виконаний відкидним. Вісь зафіксована на рамі 13.

Обладнання для формування заготовок харчових продуктів працює наступним чином.

Тісто, яке завантажується у бункер 1, зтягується валками 2 і 3 та нагнітається у передматричну камеру 5, звідки продавлюється через отвори 8 філерів 7 у вигляді нескінченної тістової стрічки 14 певного перерізу в залежності від форми отворів 8.

Завдяки тому, що передматрична камера 5 встановлена під кутом, тісто протікає по камері і ущільнюється рівномірно без руйнування структури.

Отримана стрічка з тіста 14 потрапляє на верхню частину стрічки транспортера 15 з приводом 16, при цьому отримується прохід під кутом тіста, яке виходить з філерів 7 та забезпечується однорідне розтягування.

Екструдер ШВФ-22 (рис. 1.2) призначений для видавлювання цукеркової маси при виробництві пралінових цукерок. [3]

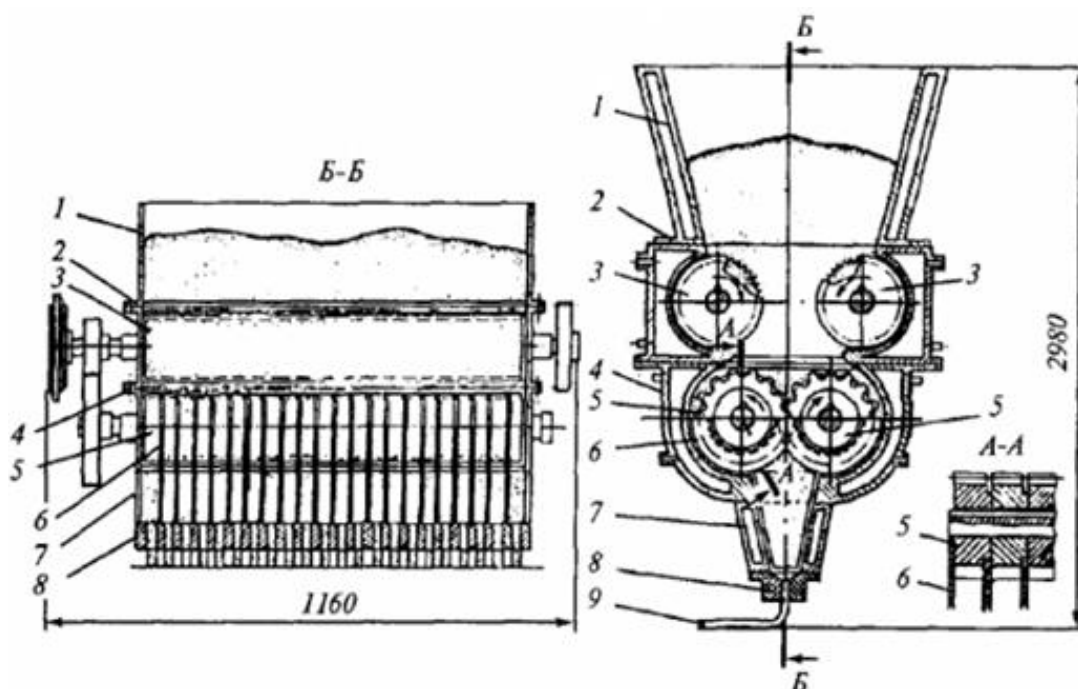


Рис. 1.2. Екструдер ШВФ-22

Обладнання має у передматричній камері переділи, створюючи секції у кожного вихідного отвору. Це вирівнює швидкість джгутів, що видавлюються.

Бункер 1 зміцнений на корпусі живильника 2 з розташованими у ньому рифленими валками 3. В корпусі нагнітача 4 обертаються нагнітаючі шестерні- ротори 5, вироблені з набору шестерень. Передматрична камера 7 має вертикальні формуючі канали 8. У нижній частині корпусу нагнітача і передматричній камері знаходяться вертикальні переділи 6, які ділять корпус і камеру на окремі секції. Бункер, корпус нагнітача та нагнітач, а також передматрична камера мають оболонку для обігріву.

Цукерна маса протягується з бункеру рифленими валками 3 і рівномірно подається по всій довжині шестерень-роторів 5. Вони нагнітають масу у передматричну камеру 7 та з неї через формуючі канали 8 видавлюється джути 9 пралінової маси.

Відомою є установка для виробництва тонкого вірменського лаваша (рис. 1.3), що має вертикально-валковий розкочувальний пристрій, розташований перед піччю, всередині якої встановлені високотемпературні випромінювачі з відбивачами по обидві її сторони в шаховому порядку (див. А.С. СРСР №1750564 від 28.12 .1990 р, МПК А21В 5/00).



Рис. 1.3. Установка для виготовлення тонкого вірменського лавашу

Причому вертикально-валковий розкочувальний пристрій має три пари валків, що обертаються за допомогою ланцюгової передачі, між якими регулюють зазор за допомогою змінного комплекту спеціальних зірочок для розкочування тістової заготовки з товщини 3,0 ... 4,0 мм до 1,0 ... 1,5 мм. Для зменшення адгезії тістової заготовки до поверхні валків застосовують

двосторонній обдув тістової стрічки. Після розкочування тістова заготовка потрапляє в вертикальну інфрачервону піч із теплоізоляційним корпусом, всередині якого по всьому контуру розташовані площинні відбивачі, а пекарна камера розділена на дві частини за допомогою площинних горизонтальних екранів.

Недоліком такої установки є наявність у вертикально-валковому розкочувальному пристрої механічного ланцюгового приводу з комплектом механічних зірочок, при перемиканні яких можливе блокування роботи даного вузла, що погіршує надійність роботи установки. Розміщення великої кількості високотемпературних випромінювачів із посиленням концентрації їх випромінювання на тістову стрічку за допомогою відбивачів значно зневоднює поверхню лавашної стрічки. Як наслідок вона стає сухою і швидко висушені місця запроторюють і підгорають. Це погіршує органолептичні властивості та якість готового продукту, він стає ламким і має непривабливий зовнішній вигляд.

При розкочуванні тіста в стрічкову заготовку його структура змінюється, що впливає на біохімічні процеси всередині нього. Тому для підвищення якості продукту та поліпшення органолептичних властивостей лавашу необхідний період стабілізації тістової заготовки, аби структура та внутрішні біохімічні процеси стабілізувалися. У даній установці для випікання такий період стабілізації відсутній. Відповідно, через це якість і смакові властивості виготовленого лавашу будуть низькими.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОПИС ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

Екструдер ВЕ-07 входить до лінії АЛ-130 (рис. 2.1) для виробництва тонкого вірменського лаваша. Лінія складається з:

1. Розкочувально-подільна машина АЛ-130-1.
2. Тунельна піч АЛ-130-2.
3. Зволожувач АЛ-130-3.
4. Просіювач-дозатор борошна АЛ-130-4.
5. Дозатор води АЛ-130-5.

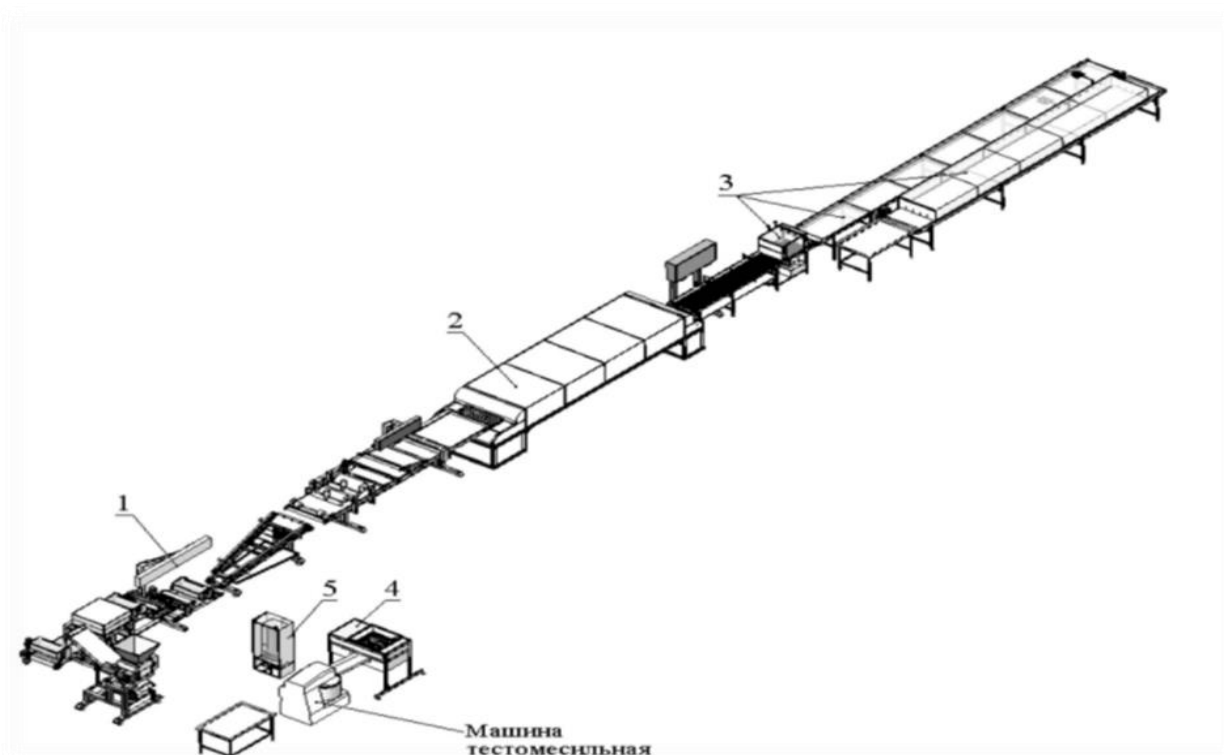


Рис. 2.1. Лінія АЛ-130

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва 2. Обґрунтування та опис технічного рішення	170478.ДП.14.02.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

Екструдер ВЕ-07 (Додаток 1) має дві пари валків: перші — профільні, які нагнітають тісто у робочий простір екструдеру, другі — гладкі, які формують тістову стрічку та подають її на рухому стрічку розкладчика.

Пара фторопластових профільних валків обертаються назустріч одне одному з однаковою частотою завдяки зубчастій передачі, тим самим нагнітаючи тісто в робочу камеру. З робочої камери тісто забирають і формують неперервну стрічку з тіста пара гладких валків, які обертаються назустріч одне одному з однаковою частотою завдяки зубчастій передачі.

Обертання гладких валків здійснюється напряму від мотор-редуктора, а обертання валків нагнітання здійснюється через ланцюгову передачу від формуючих.

Після ознайомлення з проблемами, які виникали при роботі екструдеру ВЕ-07, було виявлено, що найчастіше виходили з ладу підшипники у вузлі нагнітання (Додаток 2). Це призводило до зупинки всієї лінії, витрат часу на заміну підшипників і запуску всієї лінії, що приносило збитки для підприємства.

На момент експлуатації підшипники схильні до серйозного впливу через високу швидкість, дію низької або високої температури. Ці та багато інших моментів стають причиною, через які підшипники швидко виходять з ладу.

Від якості виробу залежить ККД і багато інших характеристик. Як показує практика, мастило для підшипників дозволяє істотно продовжити експлуатаційний термін і підвищити характеристики пристрою.

Незважаючи на вдосконалення технології виробництва різних деталей виключити ймовірність зносу практично неможливо. Це пов'язано з тим, що тертя стає причиною підвищення температури матеріалу, за рахунок чого відбувається зміна основних характеристик. Змащувальна речовина спочатку застосовувалася для виключення вірогідності підвищеного зносу через дії тертя. [4]

Проте пізніше були виявлені й інші особливості. Виявилося, змащувальна речовина має такі функції:

- Істотно знижує показник тертя. Саме воно стає причиною підвищеного зносу матеріалу, а також нагрівання поверхні. Має значення також те, скільки мастила додається в зону тертя. За рахунок зниження показника тертя істотно підвищується ККД.
- Знижує ймовірність попадання забруднення в зону контакту. Це пов'язано з тим, що змащувальна речовина для підшипників характеризується підвищеною в'язкістю.
- При виготовленні підшипників можуть застосовуватися найрізноманітніші метали, в тому числі сталь з підвищеною корозійною стійкістю. Однак для здешевлення виробу часто використовуються недорогі сплави, що характеризуються зниженою захистом від впливу волоі. Саме тому мастило виключає ймовірність появи корозії на поверхні, яка стає причиною збільшення тертя.
- Істотно підвищує ковзання, за рахунок якого збільшується ККД. На момент експлуатації деталі, основні елементи ковзають щодо один одного, цей момент також стає причиною істотного підвищення ресурсу роботи.
- Мастило дозволяє проводити рівномірний розподіл тепла, яке виробляється на момент тертя. За рахунок цього з'являється можливість тривалої експлуатації всього механізму.

У дипломному проєкті була проведена модернізація в вузлі нагнітання. А саме — була модернізована система змащення підшипників на валах.

Для цього було зроблено у валу ВЕ-15-02-005 поз. 19 (Додаток 4) канавку для змащування підшипника та встановлена кришка ВЕ-15.02.018 поз. 32 з манжетою поз. 66 (Додаток 3). Манжетне ущільнення використовується для запобігання витікання змащувального матеріалу з підшипникових вузлів, а також для захисту їх від попадання ззовні пилу та вологи. [5]

Також було встановлено шайбу ВЕ-15.02.019 поз. 33 з болтом ВЕ-15.02.017 поз. 31 (Додаток 3) під маслянку. Для подачі у підшипники пластичний мастильний матеріал можна використовувати маслянки. Змащувальний матеріал подають під тиском спеціальним шприцем.

З іншого боку валу ВЕ-15-02-005 поз.19 було встановлено закриту кришку ВЕ-15.02.014 поз. 28 з отвором під маслянку поз. 76 (Додаток 3).

На валу поз.18 встановлено кільце ВЕ-15.02.015 поз. 29 (Додаток 3) з маслянкою. Для запобігання потраплянню продуктів виробництва, пилу та інших сторонніх частинок була встановлена кришка ВЕ-15.02.016 поз. 30 ущільнена манжетою поз. 65 (Додаток 3).

На валу поз.18 встановлено кільце ВЕ-15.02.015 поз. 29 (Додаток 3) з маслянкою. Для запобігання потраплянню продуктів виробництва, пилу та інших сторонніх частинок була встановлена кришка ВЕ-15.02.016 поз. 30 ущільнена манжетою поз. 65 (Додаток 3).

З іншого боку валу ВЕ-15-02-004 поз. 18 було встановлено закриту кришку ВЕ-15.02.014 поз. 28 з отвором під маслянку поз. 76 (Додаток 3).

Таким чином, модернізація призводить до покращення умов обслуговування валків нагнітача екструдера ВЕ-07 (після модернізації ВЕ-15).

3. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Технологічний розрахунок

Валкові екструдери застосовуються в багатьох машинах, призначених для переробки пшеничного тіста. Побудова математичної моделі цих нагнітачів, розрахунок їх продуктивності і робочого тиску, створюваного в зоні нагнітання, досить складні. Насьогодні знайдено рішення зазначених завдань, заснованих на спрощенні дійсного процесу, не враховуючих вплив еластично-в'язкої та пластичної структури тіста і впливу на неї коливань тиску.

У загальному випадку продуктивність [6] двовалкового екструдеру, що має валки однакового діаметру, що обертаються з однаковою частотою, може бути визначена за формулою:

$$Q_1 = \pi * D * \ell * \gamma * n * \rho * K$$

де ℓ – довжина валу, м; γ – ширина щілини, м; ρ – середня густина тіста, кг/м³; D – діаметр валів, м; n – частота їх обертання, об/хв; K – коефіцієнт подачі тіста [7].

$$\rho = 1100 \text{ кг/м}^3 D = 0,153 \text{ м}$$

$$\gamma = 0,003 \text{ м } K = 0,8$$

$$Q_1 = 200 \text{ кг/год} = 3,34 \text{ кг/хв } V = 5 \text{ м/хв}$$

$$n = \frac{V}{\pi D} = \frac{5}{\pi * 0,153} = 10,4 \text{ об/хв}$$

$$\ell = \frac{Q_1}{\pi * D * \gamma * n * \rho * K} = \frac{3,34}{\pi * 0,153 * 0,003 * 10,4 * 1100 * 0,8} = 0,25 \text{ м}$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва 3. Розрахункова частина	170478.ДП.14.03.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

У загальному випадку профільний валковий нагнітач розраховується за формулою:

$$Q_2 = 2 * f * z * l * n_2 * k$$

де f – поперечний переріз між зубцями, м²; z – кількість зубів валу; l – довжина валу; n_2 – кількість обертів валів, об/хв; k - коефіцієнт подачі тіста [7].

$$f = 0,00036 \text{ м}^2$$

$$z = 8$$

$$k = 0,3$$

$$l = 0,24 \text{ м}$$

$$n_2 = \frac{Q_2}{2 * f * z * l * k}$$

Для забезпечення заповнення робочої камери і подачі нерозривної тістової стрічки необхідно, аби продуктивність валкового нагнітача була вищою.

Переведемо продуктивність валів екструдера в об'ємну подачу.

$$Q_v = \frac{Q_1}{60 * \rho} = \frac{200}{60 * 1100} = 0,003 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Об'єм робочої камери дорівнює $V = 0,002 \text{ м}^3$. Тому об'ємна подача робочої камери дорівнює $Q_{V\text{роб}}=0,002 \text{ м}^3/\text{хв}$.

$$Q_2 = Q_v + Q_{V\text{роб}} = 0,003 + 0,002 = 0,005 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Розраховуємо частоту обертання валків нагнітача (рис. 3.1.1).

$$n_2 = \frac{0,005}{2 * 0,00036 * 8 * 0,24 * 0,3} = 12,05 \text{ об/хв}$$

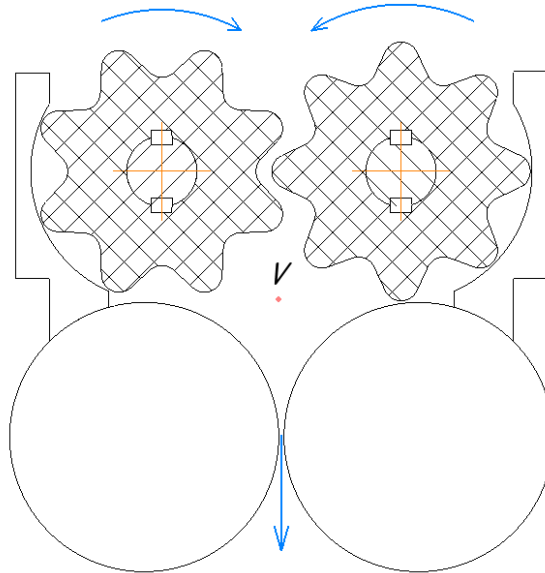


Рис. 3.1.1. Нагнітач

3.2. Енергетичний розрахунок

Визначаємо необхідну потужність на рух робочих органів по формулі:

$$N = N_1 + N_2,$$

де N_1 — потужність на обертання валів екструдеру; N_2 — потужність на обертання валів нагнітання.

На рис. 3.2.1 показана епюра тисків в зоні дії валків екструдеру. Початок зростання тиску в приймальній камері відповідає лінії максимального живлення [8].

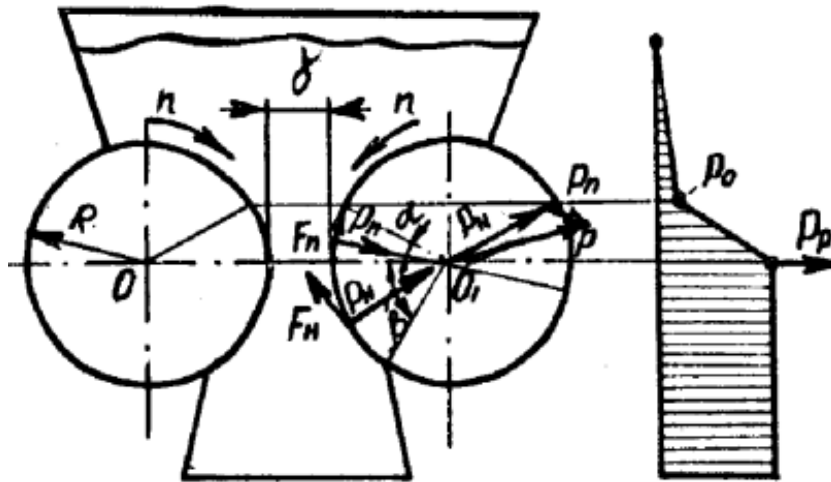


Рис. 3.2.1. Епюра тисків

При роботі валкового екструдеру оптимальний тиск знаходиться в межах 0,1 – 0,2 МПа. Приймаємо 0,12 МПа. [9]

Оскільки тиск тіста на валки передається по нормалі, на підставі заданого робочого тиску та епюри його зміни по довжині робочої камери можна визначити сили, що діють на валки в зонах живлення і нагнітання:

$$P_{\Pi} = 0,5 * p_p * R * l * \alpha = 0,5 * 120 * 10^3 * 0,0765 * 0,25 * 0,524 = 601 \text{ Па}$$

$$P_H = p_p * R * l * \beta = 120 * 10^3 * 0,0765 * 0,25 * 0,698 = 1602 \text{ Па,}$$

де $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 40^\circ$. [9]

Момент на живильному валу створюється під впливом тангенціальних сил F_{Π} , F_H , що виникають в результаті тертя тіста о валок і спрямованих в бік, протилежний напрямку обертання валів [9]:

$$M_{\Pi} = 0,5 * p_p * R^2 * l * tg\varphi = 0,5 * 120 * 10^3 * 0,0765^2 * 0,25 * tg25^\circ = 40,9 \text{ Н * м}$$

$$M_H = p_p * R^2 * l * tg\varphi = 120 * 10^3 * 0,0765^2 * 0,25 * tg25^\circ = 81,8 \text{ Н * м},$$

де φ — кут тертя тіста о вал ($25^\circ - 30^\circ$), для пшеничного тіста в залежності від рецептури і волоі $tg \varphi$ варіюється від 0,47 до 0,57 [9].

Оскільки валки екструдеру зазвичай пов'язані між собою зубчастої передачею та обертаються в різні боки, їх крутний момент підсумовуються. У нашому ви-падку результуючий момент на приводному валу складатиме, Н*м:

$$M = p_p * R^2 * l * (\alpha + 2\beta) * tg\varphi = 120 * 10^3 * 0,0765^2 * 0,25 * (0,524 + 2 * 0,698) * tg25^\circ = 157,2 \text{ Н * м}$$

Потужність, необхідну для приводу валів екструдеру, визначаємо за формулою, кВт:

$$N_1 = \frac{M * n}{9740 * \eta_{\text{підш}} * \eta_{\text{зуб}}} = \frac{157,2 * 10,4}{9740 * 0,99 * 0,97} = 0,175 \text{ кВт},$$

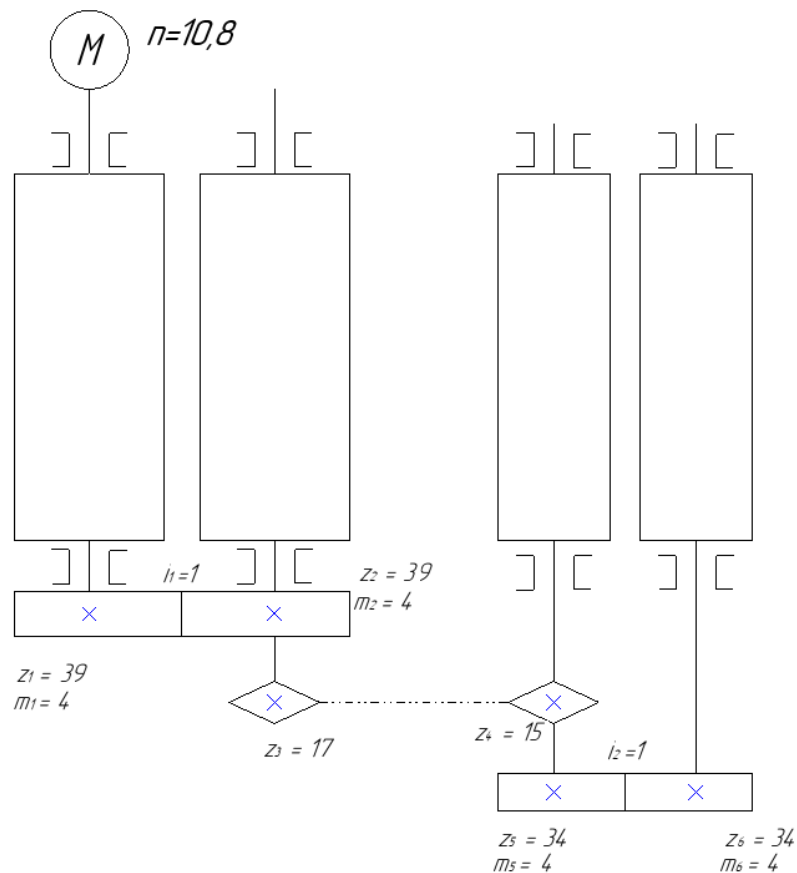
де $\eta_{\text{підш}} = 0,99$ — ККД підшипників;

$\eta_{\text{зуб}} = 0,97$ — ККД зубчастої передачі [10].

$$N = N_1 + N_2 = 0,175 + 0,013 = 0,188 \text{ кВт}$$

На даному екструдері встановлений мотор-редуктор Transtecno СМВ1103 ($i=130,07$; $n=10,8$ об/хв), двигун 1,1 кВт, 1400 об/хв, що перевищує розрахункові значення.

3.3. Кінематичний розрахунок



Кінематична схема екструдеру BE-07

Загальне передатне число:

$$i = \frac{n}{n_2} = \frac{10,4}{12,05} = 0,86$$

За іншою формулою загальне передатне число знаходиться так:

$$i = i_1 * i_2 * i_3,$$

де i_1 — передатне число циліндричної зубчастої передачі валів екструдеру;

i_2 — передатне число ланцюгової передачі;

i_3 — передатне число циліндричної зубчастої передачі валів нагнітача.

Приймаємо $i_1 = 1$, $i_3 = 1$. Тоді i_2 дорівнює:

$$i_2 = \frac{i}{i_1 * i_3} = \frac{0,86}{1 * 1} = 0,86$$

Розрахуємо дійсні значення числа обертів, оскільки обраний мотор-редуктор має 10,8 об/хв [11].

$$n_2 = \frac{10,8}{0,86} = 12,56$$

3.4. Розрахунок передач

Застосування програм для розрахунку передач розширює об'єм використаної інформації, дозволяє провести розрахунки з перебором значень (варіюванням) найбільш значущих параметрів: способу термічної обробки чи застосованих матеріалів (допустимих напружень), розподілу загального передатного числа між сходами тощо. Користувачу необхідно провести аналіз впливу цих параметрів на якісні показники і з урахуванням накладених обмежень обрати оптимальний варіант [11].

В даному випадку для розрахунку циліндричних зубчастих і ланцюгової передач використовуємо програму КОМПАС-3D (табл. 3.4.1 – 3.4.7).

Табл. 3.4.1. Геометричний розрахунок циліндричної зубчатої передачі (валків нагнітача)

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ колесо	Ведомое * ² колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	34	34
Модуль, мм	m_n	4	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Исходный контур	—	ГОСТ 13755-2015	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	b	25	25
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	—	7-C	7-C
<i>Определяемые параметры</i>			
Передаточное число	u	1	
Межосевое расстояние, мм	a_w	136 ± 0,05	
Делительный диаметр, мм	d	136	136
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	144	144
Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	126	126
Начальный диаметр, мм	d_w	136	136
Основной диаметр, мм	d_b	127,798	127,798
Угол зацепления	α_{tw}	20°00'00"	
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>			
Постоянная хорда, мм	\bar{s}_c	5,548 ^{-0,08} _{-0,18}	5,548 ^{-0,08} _{-0,18}
Высота до постоянной хорды, мм	\bar{h}_c	2,99	2,99
Радиус кривизны разноимённых профилей зуба в точках, определяющих постоянную хорду, мм	ρ_s	26,21	26,21
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	ρ_p	13,335	13,335
Условие $\rho_s > \rho_p$ (возможность измерения постоянной хорды)	—	выполнено	выполнено
Число зубьев в длине общей нормали	z_{W_T}	4	4
Длина общей нормали, мм	W	43,235 ^{-0,07} _{-0,17}	43,235 ^{-0,07} _{-0,17}

Продовження табл. 3.4.1

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ колесо	Ведомое * ² колесо
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках, определяющих длину общей нормали, мм	ρ_w	21,617	21,617
Радиус кривизны профиля в точке на окружности вершин, мм	ρ_a	33,18	33,18
Условие $\rho_p < \rho_w < \rho_a$ (возможность измерения длины общей нормали)	—	выполнено	выполнено
Диаметр измерительного ролика, мм	D	7	7
Угол профиля на окружности, проходящей через центр ролика	α_D	23°08'08"	23°08'08"
Диаметр окружности, проходящей через центр ролика, мм	d_D	138,975	138,975
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика с главными поверхностями зубьев, мм	ρ_m	23,802	23,802
Условие $\rho_p < \rho_m < \rho_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Размер по роликам, мм	M	145,975 ^{-0,214} _{-0,392}	145,975 ^{-0,214} _{-0,392}
Условие $d_D + D > d_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Условие $d_D - D > d_f$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба по делительной окружности, мм	s_n	6,283 ^{-0,08} _{-0,18}	6,283 ^{-0,08} _{-0,18}
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>			
Коэффициент наименьшего смещения	x_{min}	-0,989	-0,989
Условие отсутствия подрезания зуба исходной производящей рейкой $x \geq x_{min}$	—	выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба, мм	ρ_f	11,562	11,562
Условие отсутствия подрезания $\rho_f \geq 0$	—	выполнено	выполнено
Диаметр положения нижней точки активного профиля зуба, мм	d_p	130,551	130,551
Диаметр положения точки пересечения эвольвенты с переходной кривой профиля зуба, мм	d_{Π}	129,874	129,874
Условие отсутствия интерференции $\rho_f \leq \rho_p$	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин, мм	s_{na}	2,993	2,993
Минимально рекомендованное значение нормальной толщины зуба на поверхности вершин при поверхностном упрочнении зубьев, мм	$0,4 \cdot m_n$	1,6	
Условие отсутствия заострения $s_{na} \geq 0,4 \cdot m_n$	—	выполнено	выполнено
Удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей зубьев	θ_p	-1,48821	-1,48821
Коэффициент торцового перекрытия	ε_α	1,681	
Рекомендованное минимальное значение коэффициента торцового перекрытия	—	1,2	
Коэффициент перекрытия	ε_γ	1,681	
Условие отсутствия самопересечения контура выреза зуба	—	выполнено	выполнено

Табл. 3.4.2. Розрахунок на міцність при дії максимального навантаження циліндричної зубчатої передачі (валків нагнітача) ДСТУ 3321-2003

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ колено	Ведомое * ² колено
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	34	34
Модуль, мм	m_n	4	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	25	25
Кoeffициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—	1	
Марка материала	* ¹	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	* ²	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	500	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	12,56	
<i>Определяемые параметры</i>			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,089	
<i>Расчёт на контактную прочность</i>			
Кoeffициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,108	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,332	
Кoeffициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1,001	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	7352,941	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	326,16	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	920,632	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1050	1050
Кoeffициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,141	1,141
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>			
Кoeffициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,205	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,884	
Кoeffициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,003	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	7352,941	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	355,359	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	342,764	342,764
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1069,357	1069,357
Кoeffициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	3,12	3,12

Табл. 3.4.3. Розрахунок на витривалість циліндричної зубчатої передачі (валків нагнітача) ДСТУ 3321-2003

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ копесо	Ведомое * ² копесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	34	34
Модуль, мм	m_n	4	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	25	25
Кoeffициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—	1	
Марка материала	* ¹	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	* ²	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Базовое число циклов перемены напряжений, миллионы	контакт	N_{Hlim}	23,375
	изгиб	N_{Flim}	4
Предел выносливости по контакту, соответствующий базовому числу циклов, МПа	σ_{Hlimb}	640	640
Кoeffициент ограничения усталостных повреждений (контакт)	α_{HG}	0,6	
Кoeffициент безопасности (контакт)	S_H	1,1	1,1
Показатель кривой выносливости (контакт)	q_H	6	6
Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов, МПа	σ_{Flimb}	498	498
Кoeffициент ограничения усталостных повреждений (изгиб)	α_{FG}	0,6	
Кoeffициент безопасности (изгиб)	S_F	1,7	1,7
Показатель кривой выносливости (изгиб)	q_F	6	6
Кoeffициент, учитывающий шероховатость	Z_R	1	1
Кoeffициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки	Y_A	1	1
Планируемый ресурс работы, час	L_p	15000	

170478.ДП.14.03.ПЗ

Инд. змін. Дата видання Мова Аркуш

UA

Табл. 3.4.4 Геометричний розрахунок циліндричної зубчатої передачі (валів екструдеру)

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ коесо	Ведомое * ² коесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	39	39
Модуль, мм	m_n	4	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Исходный контур	—	ГОСТ 13755-2015	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0,25	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	b	30	30
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	—	7-C	7-C
<i>Определяемые параметры</i>			
Передаточное число	u	1	
Межосевое расстояние, мм	a_w	156 ± 0,05	
Делительный диаметр, мм	d	156	156
Диаметр вершин зубьев, мм	d_a	164	164
Диаметр впадин зубьев, мм	d_f	146	146
Начальный диаметр, мм	d_w	156	156
Основной диаметр, мм	d_b	146,592	146,592
Угол зацепления	α_{nw}	20°00'00"	
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>			
Постоянная хорда, мм	\bar{s}_c	5,548 ^{-0,08} _{-0,18}	5,548 ^{-0,08} _{-0,18}
Высота до постоянной хорды, мм	\bar{h}_c	2,99	2,99
Радиус кривизны разноимённых профилей зуба в точках, определяющих постоянную хорду, мм	ρ_s	29,63	29,63
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	ρ_p	16,59	16,59
Условие $\rho_s > \rho_p$ (возможность измерения постоянной хорды)	—	выполнено	выполнено
Число зубьев в длине общей нормали	z_{W_T}	5	5
Длина общей нормали, мм	W	55,323 ^{-0,07} _{-0,17}	55,323 ^{-0,07} _{-0,17}

170478.ДП.14.03.ПЗ

Инд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

Продовження табл. 3.4.4

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ копесо	Ведомое * ² копесо
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках, определяющих длину общей нормали, мм	ρ_w	27,662	27,662
Радиус кривизны профиля в точке на окружности вершин, мм	ρ_a	36,765	36,765
Условие $\rho_p < \rho_w < \rho_a$ (возможность измерения длины общей нормали)	—	выполнено	выполнено
Диаметр измерительного ролика, мм	D	7	7
Угол профиля на окружности, проходящей через центр ролика	α_D	22°47'05"	22°47'05"
Диаметр окружности, проходящей через центр ролика, мм	d_D	158,999	158,999
Радиус кривизны разноимённых профилей зубьев в точках контакта поверхности ролика с главными поверхностями зубьев, мм	ρ_m	27,288	27,288
Условие $\rho_p < \rho_m < \rho_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Размер по роликам, мм	M	165,87 ^{0,217} _{-0,397}	165,87 ^{0,217} _{-0,397}
Условие $d_D + D > d_a$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Условие $d_D - D > d_f$ (возможность измерения размера по роликам)	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба по делительной окружности, мм	s_n	6,283 ^{-0,08} _{0,18}	6,283 ^{-0,08} _{0,18}
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>			
Коэффициент наименьшего смещения	x_{min}	-1,281	-1,281
Условие отсутствия подрезания зуба исходной производящей рейкой $x \geq x_{min}$	—	выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля зуба, мм	ρ_l	14,982	14,982
Условие отсутствия подрезания $\rho_l \geq 0$	—	выполнено	выполнено
Диаметр положения нижней точки активного профиля зуба, мм	d_p	150,3	150,3
Диаметр положения точки пересечения эвольвенты с переходной кривой профиля зуба, мм	d_{Π}	149,623	149,623
Условие отсутствия интерференции $\rho_l \leq \rho_p$	—	выполнено	выполнено
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин, мм	s_{na}	3,035	3,035
Минимально рекомендованное значение нормальной толщины зуба на поверхности вершин при поверхностном упрочнении зубьев, мм	$0,4 \cdot m_n$	1,6	
Условие отсутствия заострения $s_{na} \geq 0,4 \cdot m_n$	—	выполнено	выполнено
Удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей зубьев	θ_p	-1,21615	-1,21615
Коэффициент торцового перекрытия	ϵ_a	1,709	
Рекомендованное минимальное значение коэффициента торцового перекрытия	—	1,2	
Коэффициент перекрытия	ϵ_γ	1,709	
Условие отсутствия самопересечения контура выреза зуба	—	выполнено	выполнено

170478.ДП.14.03.ПЗ

Инд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

Табл. 3.4.5. Розрахунок на міцність при дії максимального навантаження циліндричної зубчатої передачі (валів екструдеру) ДСТУ 3321-2003

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ колесо	Ведомое * ² колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	39	39
Модуль, мм	m_n	4	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	30	30
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—	5	
Марка материала	* ¹	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	* ²	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Расчётная нагрузка (крутящий момент на ведущем колесе), Н*м	T_{max}	500	
Частота вращения ведущего колеса, об/мин	n_1	10,8	
<i>Определяемые параметры</i>			
Окружная скорость в зацеплении, м/с	v	0,088	
<i>Расчёт на контактную прочность</i>			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{H\beta}$	1,058	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Hv}	0,35	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Hv}	1,002	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tH}	64 10,256	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ht}	226,402	
Расчётное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	711,839	
Допускаемое контактное напряжение, МПа	σ_{HPmax}	1050	1050
Коэффициент запаса по контактным напряжениям	n_H	1,475	1,475
<i>Расчёт на прочность при изгибе</i>			
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий	$K_{F\beta}$	1,118	
Удельная окружная динамическая сила, Н/мм	w_{Fv}	0,934	
Коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса	K_{Fv}	1,004	
Окружная сила на делительном цилиндре, Н	F_{tF}	64 10,256	
Удельная расчетная окружная сила, Н/мм	w_{Ft}	239,917	
Расчётное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	228,429	228,429
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	σ_{FPmax}	1066,769	1066,769
Коэффициент запаса по напряжениям изгиба	n_F	4,67	4,67

170478.ДП.14.03.ПЗ

Инд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

Табл. 3.4.6. Розрахунок на витривалість циліндричної зубчатої передачі (валів екструдеру) ДСТУ 3321-2003

Наименование и обозначение параметра		Ведущее * ¹ колесо	Ведомое * ² колесо
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	39	39
Модуль, мм	m_n	4	
Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	α	20°00'00"	
Ширина зубчатого венца, мм	b	30	30
Коэффициент смещения исходного контура	x	0	0
Степень точности	—	7-C	7-C
Вариант схемы расположения передачи	—	1	
Марка материала	* ¹	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
	* ²	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	
Твердость активных поверхностей зубьев, HRC	—	30	30
Базовое число циклов перемены напряжений, миллионы	контакт	N_{Hlim}	23,375
	изгиб	N_{Flim}	4
Предел выносливости по контакту, соответствующий базовому числу циклов, МПа	σ_{Hlimb}	640	640
Коэффициент ограничения усталостных повреждений (контакт)	α_{HG}	0,6	
Коэффициент безопасности (контакт)	S_H	1,1	1,1
Показатель кривой выносливости (контакт)	q_H	6	6
Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов, МПа	σ_{Flimb}	498	498
Коэффициент ограничения усталостных повреждений (изгиб)	α_{FG}	0,6	
Коэффициент безопасности (изгиб)	S_F	1,7	1,7
Показатель кривой выносливости (изгиб)	q_F	6	6
Коэффициент, учитывающий шероховатость	Z_R	1	1
Коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки	Y_A	1	1
Планируемый ресурс работы, час	L_p	15000	

170478.ДП.14.03.ПЗ

Инд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

Табл. 3.4.7. Розрахунок ланцюгової передачі

Наименование и обозначение параметра		Ведущая * ¹ звёздочка	Ведомая * ² звёздочка
<i>Исходные данные</i>			
Число зубьев	z_1, z_2	17	15
Профиль зуба по ГОСТ 591-69	—	Со смещением	
Класс точности звёздочки по ГОСТ 591-69	—	А	
Обозначение цепи	—	ПР-19,05-31,8 ГОСТ 13568-97	
Шаг цепи, мм	t	19,05	
Предварительное межцентровое расстояние, мм	A_0	151,3	
Угол наклона линии центров передачи	Ψ	0°00'00"	
Передаточное отношение	u	0,882	
Диаметр ролика(втулки) цепи, мм	d_1	11,91	
Наибольшая ширина пластины цепи, мм	h	18,2	
Расстояние между внутренними пластинами, мм	$B_{вн}$	12,7	
<i>Определяемые параметры для построения профиля зубьев звёздочек</i>			
Диаметр делительной окружности, мм	d_∂	103,674	91,625
Диаметр окружности выступов, мм	D_e	112,043 _{-0,22}	99,758 _{-0,22}
Диаметр окружности впадин, мм	D_i	91,604 _{-0,14}	79,556 _{-0,12}
Наибольшая хорда, мм	L_x	91,111 _{-0,14}	78,997 _{-0,12}
Радиус впадины, мм	r	6,035	
Радиус сопряжения, мм	r_1	15,563	
Радиус головки зуба, мм	r_2	8,029	8,077
Половина угла впадины	α	51°28'14"	51°00'00"
Угол сопряжения	β	14°42'21"	14°16'00"
Половина угла зуба	φ	13°14'07"	12°44'00"
Прямой участок профиля, мм	FG	0,962	0,907
Расстояние от центра дуги впадины до центра дуги выступа зуба, мм	OO_2	14,768	
Смещение центров дуг впадин, мм	e	0,572	
Координаты точки O1, мм	X_1	7,454	7,405
	Y_1	5,935	5,996
Координаты точки O2, мм	X_2	14,517	14,446
	Y_2	2,714	3,071
<i>Параметры для построения венца звёздочек в поперечном сечении</i>			
Радиус закругления зуба, мм	r_3	20,2	
Расстояние от вершины зуба до линии центра дуг закруглений, мм	h_3	9,528	
Диаметр обода (наибольший), мм	D_c	78	66
Радиус закруглений обода, мм	r_4	1,6	
Ширина зуба звёздочки, мм	b_1	11,6	

170478.ДП.14.03.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

Продовження табл. 3.4.7

Наименование и обозначение параметра	Ведущая * ¹ звёздочка	Ведомая * ² звёздочка
<i>Определяемые параметры передачи</i>		
<i>По методу Воробьёва Н.В. (классический способ)</i>		
Расчётное межцентровое расстояние передачи, мм	A	152,279 ^{+0,17} _{-0,28}
Монтажное межцентровое расстояние передачи (с учетом получения предварительного провисания цепи), мм	A_M	150,772 ^{+0,17} _{-0,28}
Число звеньев цепи	L_f	32
<i>По методу Готовцева А.А. (для скоростных цепей из условия синфазного движения цепи, обеспечивает снижение динамических нагрузок, повышение кинематической точности, долговечности, а также равномерности движения)</i>		
Расчётное межцентровое расстояние передачи, мм	A	152,279 ^{+0,17} _{-0,28}
Монтажное межцентровое расстояние передачи (с учетом получения предварительного провисания цепи), мм	A_M	150,772 ^{+0,17} _{-0,28}
Число звеньев цепи	L_f	32

170478.ДП.14.03.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1. Опис деталі, аналіз технологічності конструкції, характеристика матеріалу

Деталь «Вал» належить до класу «тіла обертання». Деталь виготовляють із матеріалу Сталь 45 за ДСТУ 4484:2005, масою $m = 4,52$ кг та габаритними розмірами $\varnothing 40 \times 487$ мм. Деталь «Вал» є сукупністю трьох зовнішніх циліндричних поверхонь з торцевими поверхнями на краях. Найвищий показник точності та шорсткості мають зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 35h7(-0,025)$ та $Ra = 0,8$ мкм, які знаходяться на краях деталі.

Крім цього, деталь має два шпонкових з'єднання: один шпонковий паз 10N9 для з'єднання з зірчкою зубчастої передачі (приведення вала у рух) та два шпонкових паза 12N9 для з'єднання з деталю «Валок». Технологічними поверхнями є 2 фаски $1 \times 45^\circ$, які знаходяться на краях деталі. Деталь «Вал» входить у вузол нагнітача, який призначений для нагнітання тіста до валків екструдера BE-7.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бойко. Ю. І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва 4. Технологічний маршрут виготовлення деталі	170478.ДП.14.04.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

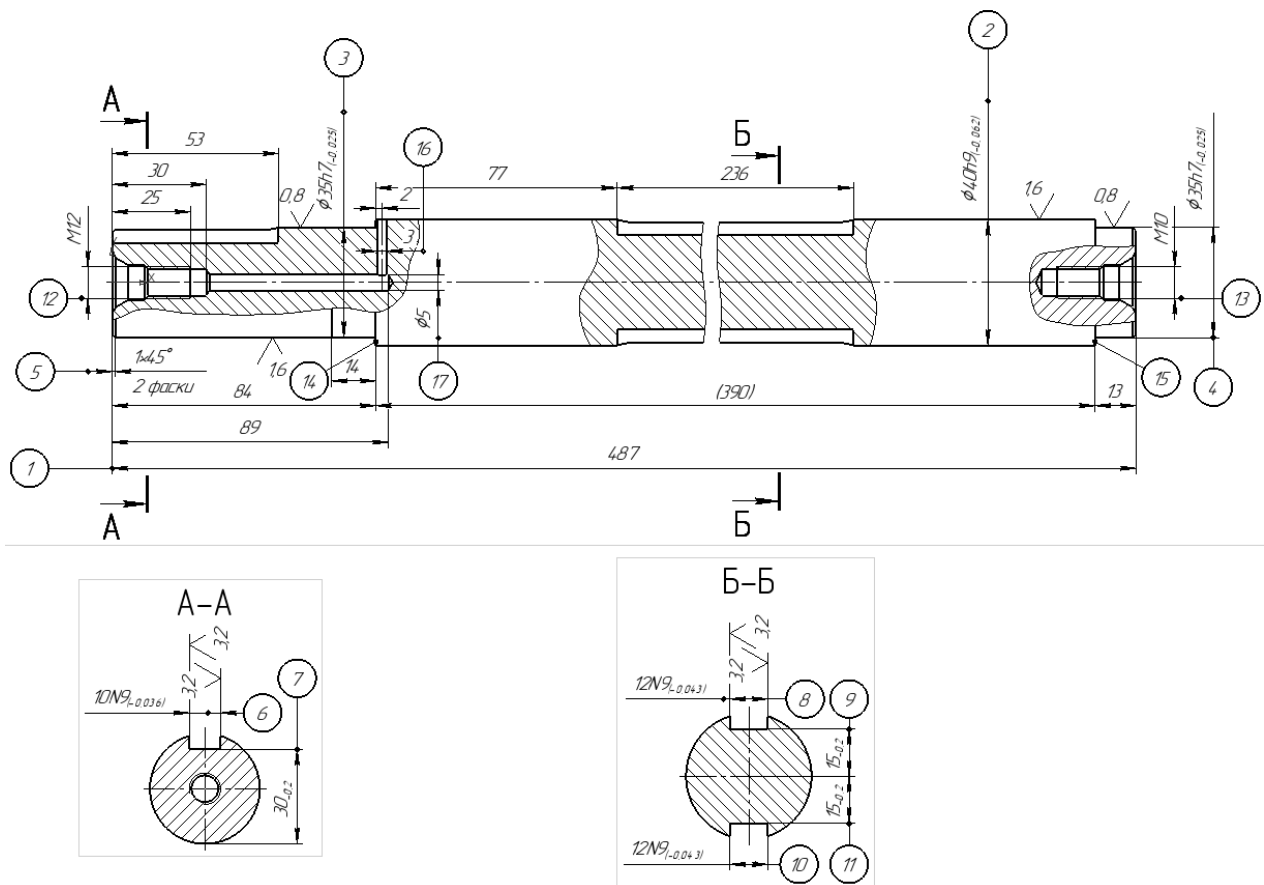


Рис. 4.1.1. Позначення поверхонь деталі «Вал»

Результати проведеного аналізу є основою для встановлення методів кінцевого оброблення, послідовності оброблення поверхонь, а також аналізу їх точності та показників шорсткості, технічних вимог (додатки: табл. Д.4.1.1).

4.2. Характеристика матеріалу

Деталь «Вал» виготовляють із матеріалу Сталь 45 ДСТУ 4484:2005.

Сталь 45 — вуглецева конструкційна якісна сталь. Із цієї сталі виготовляють вал-шестерні, колінчаті і розподільні вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки та інші нормалізовані, покращувані деталі, а також що піддаються поверхневій термообробці, від яких потрібна підвищена міцність.

Хімічний склад сталі 45 наведено у додатках в табл. Д.4.2.1., а її механічні властивості — табл. Д.4.2.2.

Дана сталь підходить для виготовлення деталі «Вал», оскільки деталі такого класу виготовляються із марки ДСТУ 4484:2005.

4.3. Вибір заготовки та метод її отримання

Деталь «Вал» виготовляють із матеріалу Сталь 45 (ДСТУ 4484:2005), масою $m = 4,52$ кг і габаритними розмірами $\text{Ø}40 \times 487$. Заготовкою для цієї деталі може бути круг сталевий, бо перепад діаметру становить 5 мм, та довжина цього перепаду дорівнює 97 мм, при цьому зменшення діаметру відбувається на краях деталі, тобто не має складної форми. Обираємо круг 45 ДСТУ 4738:2007 / Ст45 ДСТУ 4484:2005, відрізаємо на довжину 490 мм.

4.4. Визначення загальних припусків і розмірів заготовки.

Перед розробленням повного технологічного процесу механічного оброблення деталі потрібно скласти схему оброблення поверхонь деталі (додатки: табл. Д.4.4.1).

Розрахунок загальних припусків заготовки та міжопераційних припусків зводимо у додатках табл. Д.4.4.2.

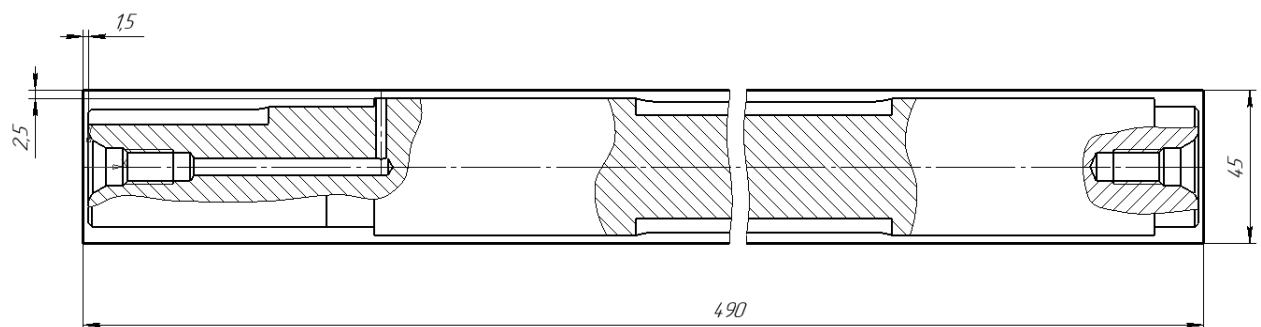


Рис. 4.4.1. Заготовка

4.5. Розроблення технологічного маршруту виготовлення деталі

Розроблений у дипломній роботі технологічний маршрут має бути оптимальний за техніко-економічними показниками з урахуванням типу виробництва, матеріалу деталі та аналізу на технологічність. Його подають у пояснювальній записці у вигляді таблиці (додатки: табл. Д.4.5.1).

4.6. Вибір технологічного обладнання з короткою технічною характеристикою

Вибір технологічного обладнання є одним з найважливіших завдань при розробленні технологічного процесу механічного оброблення деталі. Від правильного його вибору залежить продуктивність виготовлення деталі, механізації і автоматизації ручної праці, а отже, зменшення собівартості виробу. Складаємо зведену таблицю (додатки: табл. Д.4.6.1).

4.7. Вибір різальних інструментів

Підчас вибору різального інструменту потрібно враховувати види оброблення, матеріал і габаритні розміри деталі, технічну характеристику обладнання, досягнення в галузі інструментального виробництва та можливості використання сучасних прогресивних технологій у світовому машинобудуванні (додатки: табл. Д.4.7.1).

Для технологічного процесу бажано застосовувати стандартний різальний інструмент як дешевший, але можна розробляти також спеціальний, комбінований, фасонний інструмент, який дає змогу обробляти кілька поверхонь разом, скорочувати тим самим основний технологічний час.

4.8. Вибір методів контролю та вимірювальних інструментів

Вимірювання – визначення силового значення фізичної величини за допомогою спеціальних технічних засобів.

В залежності від якості точності вимірюємо або штангельциркулем або мікрометром. Обрані інструменти подані у додатках табл. Д.4.8.1.

4.9. Розрахунок операції різання і норми часу

Операція № 010, фрезерно-центрувальна

Верстат: фрезерно-центрувальний МР-76М.

Вихідні дані: Заготовка — круг 45 ДСТУ 4738:2007 Ст45 ДСТУ 4484:2005.

Зміст операції №010:

1. Установити та закріпити заготовку в пристрої.
2. Фрезерувати два торці позиції 1 з двох сторін одночасно у розмір $l = 487h14$.
3. Центрувати отвори $\varnothing 8$ мм на $l = 7,5$ мм у торцях з двох боків одночасно.
4. Відкріпити деталь та зняти деталь.

Пристрій: лещата із самоцентрувальними губками призматичної форми та пневмоприводом.

Різальний інструмент: фрези торцеві 2 шт. $\varnothing 63$, $z = 14$, матеріал різальної частини інструмента Т5К10, стійкість $T = 180$ хв; центрувальні свердла 2 шт. $\varnothing 8$ мм, матеріал різальної частини інструмента Р6М5, стійкість $T = 45$ хв.

Вимірювальний інструмент: Штангенциркуль ШЦ-II-500 - 0,1 ДСТУ 166:2009 (ISO 3599-76); шаблон центрувального отвору типу В.

Розрахунок режимів різання та фрезерування торців:

1. Знаходимо глибину різання:

$$t_1 = Z_1 = t_2 = Z_2 = 1,5 \text{ мм};$$

де Z_1, Z_2 — припуски на оброблення торців поверхні 1.

2. Подача на зуб $S_z = 0,18$ мм (табл. Д.6.15, [13]).

Подача на один оберт фрези:

$$S_{\text{об.ф}} = S_z * z = 0,18 * 14 = 2,52 \text{ мм/об},$$

де z — число зубів фрези.

3. Швидкість різання при фрезеруванні торців визначається за формулою:

$$V_p = \frac{C_v * D_\phi^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * z^p} * K_V = \frac{332 * 63^{0,2}}{180^{0,2} * 1,5^{0,1} * 0,18^{0,4} * 45^{0,2} * 1} * 0,813$$
$$= 189 \text{ м/хв}$$

де коефіцієнти $C_v = 332$; $q = 0,2$; $m = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$ беремо з табл. Д.6.21 [13].

4. Визначаємо поправковий коефіцієнт для сталі 45:

$$K_V = K_{MV} * K_{PV} * K_{UV} = 1,25 * 1 * 0,65 = 0,813$$

де K_{MV} — коефіцієнт оброблення матеріалу; $K_{PV} = 1$ — поправковий коефіцієнт, (табл. Д.6.2 [13]); $K_{UV} = 0,65$ — поправковий коефіцієнт, (табл. Д.6.3 [13]).

$$K_{MV} = K_r * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25 ;$$

де $K_r = 1$ — коефіцієнт для матеріалу інструмента, (табл. Д.6.1 [13]); $n_v = 1$ — показник степеня при обробці, (табл. Д.6.1 [13]);

5. Розрахункова частота обертання фрези:

$$n_p = \frac{1000 * V_p}{\pi * D_\phi} = \frac{1000 * 189}{3,14 * 63} = 955 \text{ хв}^{-1}$$

За паспортом верстата $n_\epsilon = 958 \text{ хв}^{-1}$ (табл. Д.4.11 [13]).

Корегуємо швидкість різання з урахуванням прийнятої частоти обертання за паспортом:

$$V = \frac{\pi * D_\phi * n_B}{1000} = \frac{3,14 * 63 * 958}{1000} = 189,5 \text{ м/хв}$$

6. Визначаємо основний час:

$$t_{01} = \frac{L}{S_{об.ф} * n_B} = \frac{78}{2,52 * 958} = 0,03 \text{ хв}$$

Розрахункова довжина різання поверхонь:

$$L = l_0 + l_1 + l_2 = 45 + 2 + 31,5 = 78,5 \text{ мм},$$

де $l_0 = 45$ — довжина різання, яка дорівнює найбільшому діаметру вала, мм;

$l_1 = 2$ — довжина підведення різального інструмента, мм; $l_2 = 31,5$ — довжина

врізання дорівнює половині діаметра торцевої фрези, мм.

7. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{доп1}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,55 + 0,29 + 0,11 + 0,22 = 1,17 \text{ хв}$$

де $t_{\text{вст}} = 0,55$ — допоміжний час на встановлення деталі у лещатах з гвинтовим приводом, хв, (табл. Д.6.52 [13]); $t_{\text{пер}} = 0,29$ — допоміжний час на перехід за лімбом з попереднім проміром, хв, (табл. Д.6.53 [13]); $t_{\text{зм}} = 0,11$ — допоміжний час на зміну режимів час, хв, (табл. Д.6.44 [13]); $t_{\text{к}} = 0,22$ — допоміжний час на контрольні вимірювання, хв, (табл. Д.6.47 [13]).

8. Визначаємо оперативний час з фрезерування двох площин одночасно:

$$t_{\text{оп1}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{о1}} + \sum_{i=1}^n t_{\text{доп1}} = 0,3 + 1,17 = 1,2 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на центрування торців:

1. Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D_{\text{ц.св}}}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ мм}$$

де $D_{\text{ц.св}} = 7,5$ — найбільший діаметр центрувального свердла, мм (табл. Д.3.25 [13]).

2. Обираємо подачу залежно від найменшого діаметра отвору та міцнісних характеристик Ст45. Таким чином, обираємо $S = 0,07$ мм/об (табл. Д.6.20 [13]). За паспортом верстата МР-76М (табл. Д.4.11 [13]) підтверджуємо значення подачі $S_{\text{в}} = 0,07$.

3. Стійкість різання інструментом — центрувальним свердлом:

$T = 45$ хв.

4. Швидкість різання при свердлінні торців визначаємо за формулою:

$$V_p = \frac{C_v * d_{\text{св}}^q}{T^m * S_B^y} * K_V = \frac{5 * 7,5^{0,2}}{45^{0,2} * 0,06^{0,7}} * 1,22 = 30,55 \text{ м/хв},$$

де коефіцієнти $C_v = 5$; $q = 0,2$; $m = 0,2$; $y = 0,7$ беремо з табл. Д.6.23 [13].

5. Знаходимо поправочний коефіцієнт для сталі 45:

$$K_V = K_{MV} * K_{PV} * K_{UV} = 1,22 * 1 * 1 = 1,22 ;$$

де K_{MV} — коефіцієнт оброблення матеріалу; $K_{PV} = 1$ — поправковий коефіцієнт, (табл. Д.6.2 [13]); $K_{UV} = 1$ — поправковий коефіцієнт, (табл. Д6.3 [13]).

$$K_{MV} = K_r * \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{600}\right)^{0,9} = 1,22 ;$$

де $K_r = 1$ — коефіцієнт для матеріалу інструмента, (табл. Д.6.1 [13]); $n_v = 0,9$ — показник степеня при обробці, (табл. Д.6.1 [13]);

6. Розрахункова частота обертання центрувального свердла:

$$n_p = \frac{1000 * V_p}{\pi * D_{\text{ц.св}}} = \frac{1000 * 30,55}{3,14 * 7,5} = 1297 \text{ хв}^{-1}$$

За паспортними даними верстата $n_6 = 1125 \text{ хв}^{-1}$ (табл. Д.4.11 [13]).

7. Корегуємо швидкість різання з урахуванням частоти обертання за паспортними даними:

$$V = \frac{\pi * D_{ц.св} * n_B}{1000} = \frac{3,14 * 7,5 * 1125}{1000} = 26,5 \text{ м/хв.}$$

8. Основний час визначається за формулою:

$$t_{o2} = \frac{L}{S_B * n_B} = \frac{12}{0,07 * 1125} = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначаємо розрахункову довжину оброблення:

$$L = l_0 + l_1 + l_2 = 7,5 + 2 + 2,5 = 12 \text{ мм,}$$

де $l_0 = 7,5$ — глибина свердління, мм; $l_1 = 2$ — відстань для підведення інструмента до деталі з робочою подачею, мм; $l_2 = 2,5$ — врізання свердла, мм. Дані взяті з табл. Д.6.29 за діаметру свердла $d = 5$.

9. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{доп2} = t_{вст} + t_{пер} + t_{зм} + t_k = 0 + 0 + 0,12 + 0,24 = 0,36 \text{ хв,}$$

де $t_{вст} = 0$ — деталь затиснута; $t_{пер} = 0$; $t_{зм} = 0,12$ — допоміжний час на зміну режимів час, хв, (табл. Д.6.44 [13]); $t_k = 0,24$ — допоміжний час на контрольні вимірювання, хв, (табл. Д.6.47 [13]).

10. Оперативний час на свердління двох отворів одночасно визначаємо за формулою:

$$t_{оп2} = \sum_{i=1}^n t_{o2} + \sum_{i=1}^n t_{доп2} = 0,15 + 0,36 = 0,51 \text{ хв.}$$

11. Визначаємо оперативний час на операцію:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{оп1}} + t_{\text{оп2}} = 1,2 + 0,51 = 1,71 \text{ хв.}$$

12. Час на технічне й організаційне обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}} = 0,03 + 0,02 = 0,05 \text{ хв,}$$

де $t_{\text{тех}}$ — час на технічне обслуговування робочого місця, хв, (табл. Д.6.48 [13]):

$$t_{\text{тех}} = t_{\text{оп}} * \left(\frac{\alpha}{100}\right) = 1,71 * \left(\frac{2}{100}\right) = 0,03$$

$t_{\text{орг}}$ — час на організаційне обслуговування робочого місця, хв, (табл. Д.6.48 [13]):

$$t_{\text{орг}} = t_{\text{оп}} * \left(\frac{\beta}{100}\right) = 1,71 * \left(\frac{1,4}{100}\right) = 0,02$$

13. Визначаємо час на відпочинок і природні потреби робітника (табл. Д.6.48 [13]):

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{оп}} * \left(\frac{\gamma}{100}\right) = 1,71 * \left(\frac{4,4}{100}\right) = 0,08$$

14. Штучний час:

$$t_{\text{шт}} = \sum_{i=1}^n t_{oi} + \sum_{i=1}^n t_{доп} + t_{обс} + t_{відп} = 1,71 + 0,05 + 0,09 = 1,85 \text{ хв.}$$

15. Штучно-калькуляційний час:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n} = 1,85 + \frac{12,7}{1} = 14,55 \text{ хв,}$$

де $t_{\text{п.з}} = 12,7$ — підготовчо-заключний час при установці деталі у лещатах, хв,
(табл. Д.6.54 [13]); $n = 1$ — кількість виготовляємих деталей.

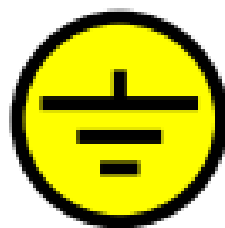
Норма виробітку за 1 год становить:

$$N = \frac{60}{t_{\text{шт.к}}} = \frac{60}{14,55} = 4 \text{ деталей/год.}$$

5. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ

5.1. Підготовка до роботи

1. Перш ніж приступити до роботи з екструдером необхідне уважне ознайомлення з посібником по експлуатації.
2. Перед початком експлуатації слід перевірити відсутність видимих механічних пошкоджень, наявність і міцність кріплення конструктивних вузлів і елементів управління.
3. Виконувати монтаж обладнання на робочому місці, передбачивши зони технологічного обслуговування, забезпечивши зручність роботи і умови природної вентиляції.
4. Заземлити екструдер. Для цього підключити заземлюючі затиски до контуру заземлення. Заземлюючі затиски знаходяться на рамі і позначаються знаком:



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва 5. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання	170478.ДП.14.05.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

5.2. Порядок роботи

1. Перед заправкою тістом приймального бункера екструдера увімкнути всі елементи обладнання. Для цього необхідно:

- включити вимикач введення 380 V, який знаходиться на пульті управління. Повинна спалахнути лампочка «Мережа» (рос. «сеть»);
- переконатися в справності всіх елементів машини натисканням відповідних кнопок «Пуск» і «Стоп».
- короткочасним натисканням кнопок «Пуск» і «Стоп» «Розкладчик» (рос. «раскладчик») (рис. 4.2.1) привести воронку розкладчика у вертикальне положення.

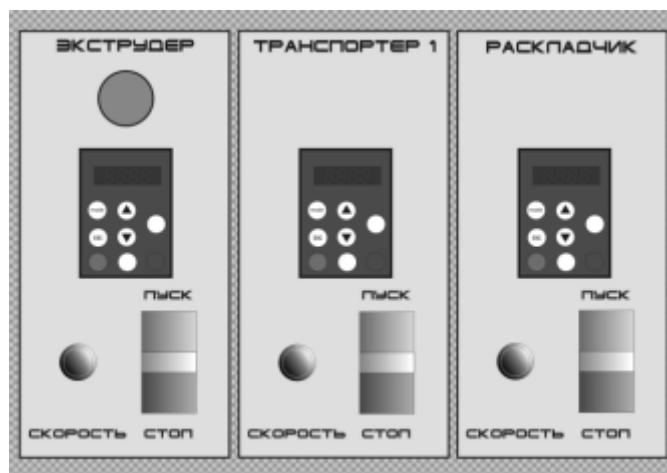


Рис. 5.2.1 Пульт управління екструдером

2. Тісто завантажувати в приймальний бункер екструдера.

3. Увімкнути «Екструдер», «Транспортер 1», і «Транспортер 2» натисканням відповідних кнопок «Пуск» на пульті управління.

4. Увімкнути вентилятори обдуву тістової стрічки кнопкою «Пуск», яка знаходиться на рамі екструдера.
5. Встановити необхідну швидкість видавлювання тістової стрічки. Очікувати видавлювання тістової стрічки.

5.3. Технічне обслуговування

1. В процесі експлуатації екструдер повинен обслуговуватися кваліфікованим персоналом, що пройшов навчання. Технічне обслуговування складається з щомісячних планово попереджувальних зупинок і щозмінних профілактичних робіт. Підприємству рекомендується мати графік щомісячних ППЗ (планово попереджувальних зупинок).

1.1. Щозмінне технічне обслуговування (профілактичний огляд):

- Зовнішнім оглядом перевіряють стан обладнання.
- Перевірка наявності і стану заземлюючих провідників і електричних ланцюгів всіх вузлів.
- Перевірка і при необхідності підтягання різьбових з'єднань, ланцюгової передачі екструдера.
- Перевірка напрямку обертання валів.

2. В кінці кожної зміни:

- очищення барабанів, скребків та валів екструдера;
- очищення завантажувального бункера екструдера;
- очищення воронки розкладчика;

3. При технічному обслуговуванні під час щомісячних планово-попереджувальних зупинок проводяться наступні роботи:

- Виконується профілактичний огляд п. 1.1.
- Продування повітрям і очищення від сторонніх предметів внутрішнього обсягу пультів управління і зовнішнього ел. обладнання. Підтягуються силові і основні контакти.
- Наноситься пластичне мастило (Літол 24) на всі ланцюгові та зубчасті передачі.
- Змащуються підшипники в корпусах.

4. Технічне обслуговування покупних виробів, які застосовувались в екструдері використовують відповідно до вимог паспортів заводів-виготовлювачів.

5. Коли тістова стрічка, пройшовши воронку розкладчика, торкнеться стрічки транспортера 2, увімкнути «Раскладчик» натисканням відповідної кнопки «Пуск» на пульті управління.

5.4. Миття та дезінфекція

На підприємствах хлібопекарної промисловості в якості миючих засобів використовують в більшості випадків розчин кальцинованої соди, а також миючі синтетичні порошки різноманітної рецептури, які дозволені органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду до використання у харчовій промисловості. Останнім часом для миття обладнання використовують також електроліти. [18]

Основні гігієнічні вимоги до використання миючих та дезінфікуючих засобів — ретельне подальше промивання чистою водою для виключення попадання їх залишкових речовин до харчових продуктів.

6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ, ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. При роботі з екструдером необхідно дотримуватися актуальні «Правила з техніки безпеки при роботі з електроустановками», «Санітарні правила організації технологічних процесів і гігієнічні вимоги до виробничого обладнання.». [19]
2. Підведення електроживлення до пульта управління здійснюється з урахуванням вимог безпеки, пред'явлених до заземлення обладнання, опору та міцності електричної ізоляції відповідно до вимог наступних стандартів:
 - ДСТУ 7239:2011;
 - Правила улаштування електроустановок (ПУЕ вид. 6);
 - Правила технічної експлуатації електроустановок споживачем (ПТЕ);
 - Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачем (ПТБ);
 - Державні будівельні норми. Електротехнічні установки (ДБН 3.05.06);
 - Паспорти покупних виробів.
3. В процесі експлуатації екструдера необхідно дотримуватися вимог безпеки до робочого місця і органів управління відповідно до ДСТУ 7239:2011.
4. Пуск обладнання в роботу може проводити особа, яка пройшла навчання.




Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва 6. Заходи з охорони праці, техніки безпеки	170478.ДП.14.06.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

5. Домонтажу та експлуатації агрегатів повинні допускатися тільки кваліфіковані слюсарі-механіки не нижче 5-го розряду, і електрики не нижче 6-го розряду, які знають конструкцію агрегатів, що володіють певним досвідом з експлуатації, обслуговування та ремонту технологічного обладнання.
6. При налагодженні механічних передач, чищенні бункера екструдера, чищенні валів, чищенні пульта управління, транспортерної стрічки, ліній ел. передач забороняється працювати з включеним автоматом введення 380 V.
7. При проведенні ремонтних робіт окремих вузлів двигун повинен бути відключений від джерел електричного струму, а біля екструдера встановлюється попереджувальний знак по ДСТУ 7239:2011.
8. Ремонт екструдера, а також окремих вузлів під час їх роботи не допускається.
9. Забороняється робота екструдера при частково демонтованих панелях, огорожах, при відкритих дверях пультів управління і відділень механічних передач, з ослабленими кріпильними з'єднаннями механічних передач та частково розібраної кінематичної схеми обладнання.
10. У разі появи під час роботи обладнання невластивого шуму, стуку в окремих вузлах, необхідно негайно зупинити екструдер і розібратися в причині появи несправного стану. Запускати обладнання допускається тільки після усунення несправностей.

11. Обов'язковою умовою є устаткування приміщення цеху витяжною примусовою вентиляцією.

12. Позначення знаків небезпечних джерел шкідливих виробничих факторів, які встановлені на екструдері, наведені в табл. 6.1.

Табл. 6.1. Значення знаків небезпечний шкідливих виробничих факторів

Виробничий фактор	Знак
Струмонеісучі елементи електрообладнання, розміщені в шафі управління і в технологічному блоці. На оболонці, яка закриває електрообладнання, нанесений попереджувачий знак (Небезпека ураження електричним струмом).	
Рухомі елементи установки. На вузли, що представляють небезпеку механічного травмування, нанесено застережливий знак (Можливе травмування рук).	
Барабани екструдера. Нанесений знак (Можливе затягування між обертовими елементами).	

ВИСНОВКИ

Модернізація екструдеру ВЕ-7 з лінії АЛ-130 для виготовлення вірменського лавашу, яка показана у дипломному проєкті призвела до покращення експлуатації та обслуговування, а саме:

1. Збільшилася довговічність праці підшипника;
2. Зменшився час на змащування підшипників;
3. Змащування внутрішнього підшипника не потребує розбирання вузла;
4. До вузла не потрапляє пил та бруд через щілини між валами;
5. Валковий нагнітач працює без непередбачуваних зупинок на ремонт вузла;
6. Зменшився ризик зупинки всієї лінії.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва Висновки	170478.ДП.14.00.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Использование экструдера [Электронный ресурс] // Библиофонд. – 2014. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=799973>.
2. Хачатрян Г. С. Устройство для формования заготовок пищевых продуктов методом экструзии [Электронный ресурс] // FindPatent. – 2014. – URL: <https://findpatent.ru/patent/232/2327351.html>.
3. Машины и автоматы пищевых производств / [В. А. Панфилов, С. Т. Антипов, И. Т. Кретов та ін.]. – Москва, 2001. – 707 с.
4. Горбунов А. Смазка для подшипников [Электронный ресурс] // stankiexpert – URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/pnevmatika/smazka-dlya-podshipnikov.html>.
5. Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Лелеков. – Москва: АСADEM А, 2004. – 496 с.
6. Типсина Н. Н. Технологическое оборудование предприятий отрасли: навчальний посібник. Красноярск, 2017. – 112 с.
7. Верболоз Е.И., Мовчанюк Е.В. Арсеньев В.В. Тестоделительные машины: Метод. указания к лабораторной работе для студентов спец. 260601 всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. – 32 с.
8. Основы расчета тестоделительных машин [Электронный ресурс] // StudFiles. – 2010. – URL: <https://studfile.net/preview/15925143/page:7/>.
9. Расчет основных параметров делительно-закаточной машины Б-4-58 [Электронный ресурс] // Stud24. – 2012. – URL: <https://www.stud24.ru/technology/raschet-osnovnyh-parametrov-delitelnozakatocnoj-mashiny/339981-1025630-page5.html>.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Бабко Є. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Бруква. О. Ю.	Назва, додаткова назва Список використаної літератури	170478.ДП.14.00.ПЗ			
	Документ затверджено Миرونчук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш

10. Технологический расчет сырья, выхода готовой продукции и вспомогательных материалов [Электронный ресурс] // StudFiles – URL: <https://studfile.net/preview/2733397/page:4/>.
11. Старшов Г.И. Основы проектирования и расчет технологического оборудования пищевых предприятий / Старшов Г.И.. – Саратов: СГТУ, 2008. – 187 с.
12. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 2003–12–08. Київ : Держстандарт України, 2005. – 55 с. – (Національний стандарт України)
13. Бойко Ю. І. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 285 с.
14. ДСТУ 4484:2005. Прокат сортовий і фасонний із сталі вуглецевої звичайної якості. Чинний від 2005–12–09. Київ Держстандарт України, 2005. – 22 с. – (Національний стандарт України)
15. ДСТУ 4738:2007. Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент. Чинний від 2007–02–26. Київ Держстандарт України, 2007. – 19 с. – (Національний стандарт України)
16. ДСТУ 166:2009. Штангенциркулі. Технічні умови. Чинний від 2009–10–12. Київ Держстандарт України, 2009. – 34 с. – (Національний стандарт України)
17. ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Чинний від 2011–02–02. Київ Держстандарт України, 2011. – 11 с. – (Національний стандарт України)
18. Цыганова Т. Б. Технология хлебопекарного производства: підручник – Москва: ПрофОбрИздат, 2002. – 428 с.

19. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів: закон станом на 09.01.1998. Міністерство праці та соціальної політики України комітет по нагляду за охороною праці від 10.02.1998 № 93/2533.
20. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 2015–05–01. Київ Держстандарт України, 2015. – 13 с. – (Національний стандарт України)

Табл. Д.4.1.1. Характеристика поверхонь деталі «Вал»

Позиція	Найменування поверхні	Квалітет точності	Параметр шорсткості Ra	Граничні відхилення, мм	Примітка
<u>Діаметральні розміри</u>					
2	Циліндрична поверхня Ø40	h9	1,6	- 0,062	
3	Циліндрична поверхня Ø35	h7	0,8	- 0,025	
4	Циліндрична поверхня Ø35	h7	0,8	- 0,025	
16	Ø3	H14	6,3	Вільний розмір	
17	Ø5	H14	6,3	Вільний розмір	
<u>Лінійні розміри</u>					
1	Торець Ø40h9 у розмір 487	h14	6,3	Вільний розмір	
14	Торець Ø35h7 у розмір 84	h14	6,3	Вільний розмір	
15	Торець Ø35h7 у розмір 13	h14	6,3	Вільний розмір	
<u>Фаски</u>					
5	1x45°	14	6,3	Вільний розмір	Дві поверхні
<u>Різьбові поверхні</u>					
12	12M	14	6,3		
13	10M	14	6,3		
<u>Шпонкові пази</u>					
6	Дно паза у розмір 30 _{-0,2}	14	3,2	-0,2	
7	Ширина паза 10N9	9	3,2	-0,036	
	Довжина паза 53	14	3,2	+0,62	
8	Дно паза у розмір 15 _{-0,2}	14	3,2	-0,2	

9	Ширина паза 12N9	9	3,2	-0,036	
	Довжина паза 236	14	3,2	+0,62	
10	Дно паза у розмір 15 _{-0,2}	14	3,2	-0,2	
11	Ширина паза 12N9	9	3,2	-0,036	
	Довжина паза 236	14	3,2	+0,62	

Табл. Д.4.2.1. Хімічний склад сталі 45

Масова частка елементів, %								
Вуглець С	Силіцій Si	Манган Mg	Сірка S	Фосфор P	Мідь Cu	Нікель Ni	Хром Cr	Азот N
0,42...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	< 0,035	< 0,25	< 0,25	< 0,4	< 0,25	< 0,08

Табл. Д.4.2.2. Механічні властивості сталі 45

Гранична міцність σ_b , МПа	Гранична текучість σ_t , МПа	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження ψ , %
600	355	16	40

Табл. Д.4.4.1. Методи оброблення поверхонь деталі «Втулка ексцентрична»

Найменування поверхні	Маршрут оброблення	Клас, квалітет точності	Параметр шорсткості, мкм
Торець Ø40h9 у розмір 487	Заготовка Фрезерування	T4 h14	50 6,3
Зовнішня поверхня Ø40h9	Заготовка Обточування чорнове Обточування чистове Шліфування чорнове	T4 h14 h11 h9	50 6,3 3,2 1,6

Зовнішня поверхня Ø35h7	Заготовка	T4	50
	Обточування чорнове	h14	6,3
	Обточування чистове	h11	3,2
	Шліфування чорнове	h9	1,6
	Шліфування чистове	h7	0,8
Шпонковий паз 12 Шпонковий паз 10	Заготовка	T4	50
	Фрезерування паза	h14	3,2
Отвір Ø3	Заготовка	T4	50
	Свердління	H14	6,3
Глухий отвір Ø5	Заготовка	T4	50
	Свердління	H14	6,3

Табл. Д.4.4.2. Міжопераційні припуски

Методи оброблення	Квалітет точності	Припуск на діаметр, мм	Операційні розміри, мм	Прийняті міжопераційні розміри з допусками, мм	Примітка
Зовнішня поверхня Ø40h9					
Розмір заготовки	T4	5	$40 + 5 = 45$	Ø45	
Чорнове обточування	h14	3,5	$45 - 3,5 = 41,5$	Ø41,5h14	
Чистове обточування	h11	1,1	$41,5 - 1,1 = 40,4$	Ø40,4h11	
Чорнове шліфування	h9	0,4	$40,4 - 0,4 = 40$	Ø40h9	
Зовнішня поверхня Ø35h7					
Розмір заготовки	T4	5	$35 + 5 = 40$	Ø40h9	
Чорнове обточування	h14	3,4	$40 - 3,4 = 36,6$	Ø36,6h14	
Чистове обточування	h11	1,1	$36,6 - 1,1 = 35,5$	Ø35,5h11	
Чорнове шліфування	h9	0,4	$35,5 - 0,4 = 35,1$	Ø35,1h9	
Чистове шліфування	h7	0,1	$35,1 - 0,1 = 35$	Ø35h7	

Табл. Д.4.5.1. Маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі «Втулка ексцентрична»

Номер, назва і короткий зміст операції, переходів	Технологічне обладнання	Технологічна база	Верстатний пристрій, інструмент оброблювальний, контрольний
<p><i>010. Фрезерно-центрувальна</i> 1. Фрезерувати два торці витримуючи розмір 487h14 Ø40. 2. Центрувати два торці, витримуючи розмір Ø40 на глибину 15 одночасно.</p>	<p>Фрезерно-центрувальний верстат МР-76М</p>	<p>Зовнішня поверхня Ø45; торець Ø40</p>	<p>Лещата верстатні</p>
<p><i>020. Токарна</i> 1. Точити поверхню 2 начорно витримавши розмір $l = 487$. 2. Точити поверхню 4 начорно витримавши розмір $l = 13$. 3. Точити поверхню 2 у розмір Ø40,4. 4. Точити поверхню 4 у розмір Ø35,5. 5. Підрізати торець поверхні 15 витримавши розмір $l = 13$. 6. Точити фаску 5. 7. Свердлити отвір у розмір Ø8,5H14, $l = 30$. 8. Нарізати різьбу М10 №1, $l = 25$. 9. Нарізати різьбу М10 №2, $l = 25$.</p>	<p>Токарногвинторізний верстат моделі 16К20</p>	<p>Центрові отвори</p>	<p>Тьохкулачковий патрон</p>
<p><i>030. Токарна</i> 1. Точити поверхню 3 начорно витримавши розмір $l = 84$.</p>	<p>Токарногвинторізний верстат моделі 16К20</p>	<p>Центрові отвори</p>	<p>Тьохкулачковий патрон</p>

<p>2. Точити поверхню 3 у розмір $\varnothing 35,5$.</p> <p>3. Підрізати торець поверхні 14 витримавши розмір $l = 84$.</p> <p>4. Точити фаску 5.</p> <p>5. Свердли́ти отвір у розмір $\varnothing 5 \text{ H}14, l = 89$.</p> <p>6. Свердли́ти отвір у розмір $\varnothing 10,2 \text{ H}14, l = 30$.</p> <p>7. Нарізати різьбу M12 №1, $l = 25$.</p> <p>8. Нарізати різьбу M12 №1, $l = 25$.</p>			
<p><i>040. Вертикально-фрезерна</i></p> <p>1. Фрезерувати паз поверхні 6 у розмір 10, $l = 53$.</p> <p>2. Фрезерувати паз поверхні 8 у розмір 12, $l = 236$.</p> <p>Фрезерувати паз поверхні 10 у розмір 12, $l = 236$.</p>	<p>Вертикально-фрезерний верстат 6P12</p>	<p>Шийки деталі торець</p>	<p>Призми з прихватами</p>
<p><i>050. Вертикально-свердлильна</i></p> <p>1. Свердли́ти отвір 16 у розмір $\varnothing 3 \text{ H}14, l = 20$.</p>	<p>Вертикально-свердлильний верстат 2H135</p>	<p>Шийки деталі торець</p>	<p>Призми з прихватами</p>
<p><i>060. Слюсарна</i></p> <p>1. Притупити рі кромки.</p> <p>2. Видалити задирки.</p>	<p>Верстак слюсарний</p>		
<p><i>070. Круглошліфувальна</i></p> <p>1. Шліфувати начорно поверхню 2 у розмір $\varnothing 40 \text{ h}9, l = 390$.</p> <p>2. Шліфувати начорно поверхню 3 у розмір $\varnothing 35,1 \text{ h}9, l = 84$.</p> <p>3. Шліфувати начисто поверхню 3 у розмір $\varnothing 35 \text{ h}7, l = 84$.</p> <p>4. Шліфувати начорно поверхню 4 у розмір $\varnothing 35,1 \text{ h}9, l = 13$.</p> <p>5. Шліфувати начисто поверхню 4 у розмір $\varnothing 35 \text{ h}7, l = 13$.</p>	<p>Круглошліфувальний верстат 3M153</p>	<p>Центрові отвори</p>	<p>Патрон повідковий, центр нерухомий</p>

080. Покриття 1. Покрити деталь Ц9.			
090. Промивальна 1. Промити деталь.	Промивальна машина		
100. Технічний контроль	Контролювати розміри: 1. Ø40h9; Ø35h7; M10; M12. 2. Фаски 1x45°		Контрольна плита, пристрій

Табл. Д.4.6.1. Технологічне обладнання

Номер, назва, операції	Назва, модель і верстата	Технічна характеристика			
		Основні технічні параметри	Діапазон частот обертання , -1 хв	Діапазон подач	Потужність головного приводу, кВт
010 Фрезерно- центрувальна	Фрезерно- центрувальний верстат МР-76М	Діаметр 25...125	Фрези 270...1254; Свердла 238...1125	Фрези 20...400 мм/хв; Свердла 20...300 мм/хв	6,6
020, 030 Токарна	Токарно- гвинторізний 16К20	Максимальний діаметр оброблюваний над станиною — 320мм; максимальна довжина оброблення деталі — 1400мм	12,5...1600	Поздовжня 0,05...2,8мм/об Поперечна 0,025...1,4 мм/об	11
040 Вертикально- фрезерна	Вертикально- фрезерний верстат 6Р12	Найбільше переміщення стола: поздовжнє — 800 мм; поперечне — 240 мм; вертикальна — 420 мм	31,5...160 0	Поздовжня, поперечна: 25...1250 мм/хв; вертикальна: 4...200 мм/хв;	7,5

050 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н135	Дсв. Мах=8,2 мм, розміри стола 450×500 мм	31...1400	Подача шпинделя 0,1...1,6 мм/об	4,0
070 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний 3М153	Найбільші розміри установчої заготовки: діаметр — 140мм; довжина — 500мм	$n_{кр} = 1900$ $n_d =$ 50...1000	Швидкість автоматично- го переміщення стола $V_{ст} =$ 0,02...5 м/хв	7,5

Табл. Д.4.7.1 Характеристика різального інструменту

Номер, назва і короткий зміст операції	Різальний інструмент	Основна характеристика інструменту	Матеріал	Стандарт
<i>010. Фрезерно-центрувальна</i>				
1. Фрезерувати два торці витримуючи розмір 487h14 Ø40.	Фреза торцева	Ø63 $z = 14$	T5K10	ISO 30
2. Центрувати два торці, витримуючи розмір Ø40 на глибину 15 одночасно.	Свердло центрувальне	Тип В	P6M10	ISO 2540:2018
<i>020. Токарна</i>				
1. Точити поверхню 2 начорно витримавши розмір $l = 487$. 2. Точити поверхню 4 начорно витримавши розмір $l = 13$. 3. Точити поверхню 2 у розмір Ø40,4. 4. Точити поверхню 4 у розмір Ø35,5.	Різець токарний правий, прохідний, упорний	$\varphi = 90^\circ$	T5K12	ДСТУ 18879: 2008

5. Підрізати торець поверхні 15 витримавши розмір $l = 13$.	Різець токарний правий, підрізний	$\varphi = 93^\circ$	T5K12	ДСТУ 18880: 2008
6. Точити фаску 5.	Різець токарний правий, прохідний	$\varphi = 45^\circ$	T5K12	ДСТУ 18868: 2008
7. Свердлити отвір у розмір $\varnothing 8,5H14$, $l = 30$.	Сверло спіральне	$\varnothing 8,5$	P6M5	ДСТУ 10903: 2008
8. Нарізати різьбу M10 №1, $l = 25$.	Мітчик машинно-ручний №1	M10	P6M5	ДСТУ 3266: 2008
9. Нарізати різьбу M10 №2, $l = 25$.	Мітчик машинно-ручний № 2	M10	P6M5	ДСТУ 3266: 2008
030. Токарна				
1. Точити поверхню 3 начорно витримавши розмір $l = 84$. 2. Точити поверхню 3 у розмір $\varnothing 35,5$.	Різець токарний правий, прохідний, упорний	$\varphi = 90^\circ$	T5K12	ДСТУ 18879: 2008
3. Підрізати торець поверхні 14 витримавши розмір $l = 84$.	Різець токарний правий, підрізний	$\varphi = 93^\circ$	T5K12	ДСТУ 18880: 2008
4. Точити фаску 5.	Різець токарний правий, прохідний	$\varphi = 45^\circ$	T5K12	ДСТУ 18868: 2008
5. Свердлити отвір у розмір $\varnothing 5 H14$, $l = 89$.	Сверло спіральне	$\varnothing 5$	P6M5	ДСТУ 10903: 2008
6. Свердлити отвір у розмір $\varnothing 10,2H14$, $l = 30$.	Сверло спіральне	$\varnothing 10,2$	P6M5	ДСТУ 10903: 2008
7. Нарізати різьбу M12 №1, $l = 25$.	Мітчик машинно-ручний №1	M12	P6M5	ДСТУ 3266: 2008
8. Нарізати різьбу M12 №1, $l = 25$.	Мітчик машинно-ручний № 2	M12	P6M5	ДСТУ 3266: 2008
040. Вертикально-фрезерна				
1. Фрезерувати паз поверхні 6 у розмір 10, $l = 53$.	Фреза шпонкова	$\varnothing 10$ $z = 2$	P6M5	ДСТУ 9140: 2008
2. Фрезерувати паз поверхні 8 у розмір 12, $l = 236$.	Фреза шпонкова	$\varnothing 12$ $z = 2$	P6M5	ДСТУ 9140: 2008

3. Фрезерувати паз поверхні 10 у розмір 12, $l = 236$.				
<i>050. Вертикально-свердлильна</i>				
1. Свердлити отвір 16 у розмір $\text{Ø}3\text{H}14$, $l = 20$.	Свердло спіральне	$\text{Ø}3$	P6M5	ДСТУ 10902: 2008
<i>070. Круглошліфувальна</i>				
1. Шліфувати поверхню 2 у розмір $\text{Ø}40\text{h}9$, $l = 390$. 2. Шліфувати поверхню 3 у розмір $\text{Ø}35\text{h}7$, $l = 84$. 3. Шліфувати поверхню 4 у розмір $\text{Ø}35\text{h}7$, $l = 13$.	Круг абразивний	ПП600× 40×200 40НС 25К2	24А	ДСТУ 52587: 2006

Табл. Д.4.8.1. Контрольно-вимірювальні інструменти

Номер операції	Контролюючий розмір	Назва вимірювального інструменту	Стандарт
010	487h14	Штангенциркуль ШЦ-II-500 - 0,1	ДСТУ 166: 2009 (ISO 3599-76)
010	$\text{Ø}8$	Шаблон центрувального отвору типу В	
020	$\text{Ø}40,4$; $\text{Ø}35,5$; $\text{Ø}5$; $\text{Ø}8,5$; $l = 13$	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	ДСТУ 166: 2009 (ISO 3599-76)
020	M10	Різьбова калібр-пробка	ISO 6H

030	$\varnothing 35,5$ $\varnothing 10,2$ $l = 84$	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	ДСТУ 166: 2009 (ISO 3599-76)
030	M12	Різьбова калібр-пробка	ISO 6H
040	10; $l = 53$; 12; $l = 236$	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ШЦ-II-300-0,1	ДСТУ 166: 2009 (ISO 3599-76)
050	$\varnothing 3$	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	ДСТУ 166: 2009 (ISO 3599-76)
070	$\varnothing 40h9$ $\varnothing 35h7$	Мікрометр МК-50-I	ДСТУ 6507: 2009