

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ

Група ПМІ-21-1

Романів Микола Романович

2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Романів Микола Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка подрібнювача побутових відходів

(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Романів М.Р.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник

Врюкало Віктор Володимирович, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

Панчук В. Г.

(посада)

(підпис) (дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис) (дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень Бакалавр

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« » 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Романіву Миколі Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка подрібнювача побутових відходів

Керівник роботи Врюкало В.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "06" червня 2025 року № 332 / 7

2. Строк подання студентом роботи 15 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Теоретичні основи дослідження. 2.Огляд літератури та сучасних рішень. 3.Розробка конструкції подрібнювача. 4. Технологія моделювання основних деталей. 5.Вибір комплектуючих та написання коду

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

1. Загальний вигляд подрібнювача побутових відходів – 1 лист А1. 2. 3D-моделі деталей подрібнювача – 1 лист А1 3. Розробка автоматизації – 1 лист А1 . 4.Креслення основних деталей подрібнювача – 1-2 листи А1 5. Збірка основних вузлів та специфікація – 1 лист А1

6.Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ		
2	Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ		
3	Врюкало В.В., доцент кафедри КМВ		

7.Дата видачі завдання 25.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Теоретичні основи дослідження	07.03.2025	
2	Огляд літератури та сучасних рішень	18.03.2025	
3	Розробка конструкції подрібнювача	30.03.2025	
4	Технологія моделювання основних деталей	20.04.2025	
5	Вибір комплектуючих та написання коду	15.05.2025	
6	Захист бакалаврської роботи	18.06.2025	

Студент _____ Романів М.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Врюкало В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

кваліфікаційної бакалаврської роботи на тему:
«Розробка подрібнювача побутових відходів».

Розрахунково-пояснювальна записка: 85 сторінок, 58 рисунків, 10 таблиць, 26 посилань.

Графічна частина 6 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – розроблення подрібнювача побутових відходів

Предмет дослідження – конструкція механізму подрібнювача та системи керування

Метою бакалаврської роботи є розроблення конструкції подрібнювача побутових відходів. У роботі виконано проєктування та моделювання подрібнювача харчових відходів з керуванням на базі мікроконтролера Arduino. Проведено аналіз існуючих моделей подрібнювачів, їх класифікацію та сфери застосування, розглянуто конструктивні особливості. Розроблено конструкцію подрібнювача, створено його тривимірну модель та 3D-моделі деталей виробу, проведено вибір матеріалів для деталей подрібнювача, розроблено їх креслення. Для керування роботою пристрою розроблено схему автоматики на базі Arduino та написано програму для мікроконтролера.

У результаті виконання бакалаврської роботи було створено ефективну модель подрібнювача харчових відходів.. Розробка може бути використана як основа для побутового або невеликого комерційного пристрою переробки органічних залишків.

Ключові слова: *подрібнювач, побутові органічні відходи, переробка, 3D модель, конструювання.*

Студент Романів М.Р

Abstract

of the qualification bachelor's thesis on the topic:
"Development of a household waste shredder".

Calculation and explanatory note: 87 pages, 58 figures, 10 tables, 26 references, A4 sheets of appendices.

Graphic part 6 sheets of A1 format.

Object of research – development of a household waste shredder

Subject of research – design of the shredder mechanism and control system

The purpose of the bachelor's thesis is to develop the design of a household waste shredder. The work includes the design and modeling of a food waste shredder with control based on the Arduino microcontroller. An analysis of existing models of shredders, their classification and scope of application, and design features. The design of the shredder was developed, its three-dimensional model and 3D models of product parts were created, materials for the shredder parts were selected, and their drawings were developed. To control the operation of the device, an automation scheme based on Arduino was developed and a program for the microcontroller was written.

As a result of the bachelor's thesis, an effective model of a food waste shredder was created. The development can be used as the basis for a household or small commercial device for processing organic residues.

Keywords: *shredder, household organic waste, processing, 3D model, design.*

Student Romaniv M.R

Зміст

1	Теоретичні основи дослідження	7
1.1	Актуальність теми	7
1.2	Мета і завдання дослідження	8
1.3	Об'єкт і предмет дослідження	9
1.4	Новизна та практична значущість	10
1.5	Структура та послідовність роботи подрібнювача	11
2.	Огляд літератури та сучасних рішень	13
2.1	Класифікація харчових відходів	13
2.2	Необхідність подрібнення харчових відходів	15
2.3	Огляд сучасних типів подрібнювачів	16
2.3.1	Побутові подрібнювачі	16
2.3.2	Черв'ячні шредери	18
2.4	Сучасні подрібнювачі: класифікація та критерії вибору	23
2.5	Огляд сучасного методу 3D-моделювання в Autodesk Inventor	24
2.6	Аналіз технологій та принципів роботи черв'ячних шредерів для подрібнення харчових відходів	26
3	Розробка конструкції подрібнювача	29
3.1	Вибір принципу дії	29
3.2	Розрахунок основних параметрів (потужність, об'єм, продуктивність) ...	32
3.3	Підбір матеріалів і компонентів	35
4.	Технологія моделювання основних деталей	47
4.1	Створення деталей	47
4.2	Збірка основних вузлів	65
4.2.1	Збірка шнеків	65
4.2.2	Основна збірка корпусу та шнеків	67
4.2.3	Повна збірка усіх деталей з ланцюговою передачею	68
4.3	Опис конструкції	69
5.	Вибір комплектуючих та написання коду	71

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Романів М.Р.			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Врюкало В.В						
<i>Н. Контр.</i>					ПМІ-21-1			
<i>Затверд.</i>		Панчук В.Г						

5.1 Підбір компонентів	71
5.2 Написання коду	75
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80

ВСТУП

Однією з найактуальніших екологічних та технічних проблем сучасності є утилізація харчових відходів, обсяги яких постійно зростають у зв'язку з розвитком харчової промисловості, громадського харчування та урбанізації. Значна частина таких відходів має органічне походження та підлягає вторинному використанню — для виробництва біогазу, компосту або кормів для сільськогосподарських тварин.

Ефективна переробка харчових відходів можлива лише за умови їх попереднього подрібнення. Подрібнення зменшує об'єм сировини, сприяє прискоренню біохімічних процесів та знижує енерговитрати на подальше транспортування чи переробку. Саме тому особливої актуальності набуває створення механізмів, здатних швидко та якісно подрібнювати органічні відходи різного типу.

Метою даної дипломної роботи є розробка конструкції подрібнювача харчових відходів, який поєднує в собі простоту експлуатації, надійність конструкції, економічність у виготовленні та достатню продуктивність для умов малих та середніх підприємств. У роботі розглянуто основні принципи роботи подрібнювального механізму, вибрано оптимальні конструктивні рішення, проведено розрахунок навантажень та підібрано відповідні матеріали для виготовлення основних елементів пристрою.

З кожним роком проблема утилізації харчових відходів стає все більш актуальною як в Україні, так і в усьому світі. Зростання чисельності населення, урбанізація, інтенсифікація аграрного сектору та розвиток підприємств харчової промисловості призводять до збільшення обсягів органічних відходів. Значна частина цих відходів накопичується у міських умовах — на ринках, у ресторанах, їдальнях, супермаркетах, а також на сільськогосподарських підприємствах. Утилізація таких залишків без попередньої обробки є неефективною, енерговитратною та екологічно небезпечною.

Харчові відходи, що складаються переважно з органічної сировини, мають високу вологість, неоднорідну структуру та вимагають спеціальних підходів до

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.							

збирання, зберігання і подальшої переробки. Одним із найбільш перспективних напрямів у цій галузі є перетворення харчових залишків на вторинні ресурси — біогаз, добрива, кормові добавки. Проте ефективність таких процесів значною мірою залежить від початкової підготовки сировини, зокрема її подрібнення.

Подрібнення — це ключовий етап підготовки органічних відходів до біологічної або термічної переробки. Воно дозволяє зменшити розміри частинок, підвищити площу контакту для хімічних чи мікробіологічних реакцій, забезпечити однорідність маси, зменшити обсяг і покращити транспортування. На сучасному ринку подрібнювачі представлені широким спектром моделей, проте багато з них мають високу вартість, складну конструкцію або не пристосовані для подрібнення відходів змішаного складу.

З огляду на це, особливої актуальності набуває розробка універсального, економічно доцільного та технологічно простого подрібнювача, який би забезпечував ефективну обробку різномісних харчових відходів у невеликих обсягах. Такий пристрій може бути використаний у локальних системах переробки, фермерських господарствах, на підприємствах малого і середнього бізнесу, а також у закладах громадського харчування.

Дослідження проводиться з урахуванням сучасних вимог до екологічної безпеки, енергоефективності та ресурсозбереження. Результати дипломної роботи можуть бути використані як основа для подальшого вдосконалення подібних пристроїв, їх масштабування або серійного виробництва. Крім того, конструкція подрібнювача передбачає можливість адаптації під конкретні умови експлуатації, що значно розширює сферу його застосування.

Таким чином, виконання даної дипломної роботи має важливе практичне значення для підвищення ефективності утилізації харчових відходів, покращення екологічної ситуації та створення умов для впровадження сучасних технологій у сфері поводження з органічними залишками.

Результатом виконаної роботи є проект функціонального та компактного пристрою, що може бути використаний у системах переробки відходів як у приватному, так і в комерційному секторі.

										Арк.
										6
Змн.	Арк.	№ докум.								

1 Теоретичні основи дослідження

1.1 Актуальність теми

1. Глобальний масштаб проблеми харчових відходів :

Близько третини усієї виробленої продовольчої продукції щорічно втрачається або викидається, що становить приблизно 1,3 млрд тонн їжі та економічні збитки близько \$940 млрд USD.

За даними ООН, у 2022 році обсяг харчових відходів перевищив 1,05 млрд. тонн, що створює близько 8–10 % глобальних викидів парникових газів і одночасно перебуває у протиріччі з фактом, що понад 783 млн людей страждають від хронічного голоду.

2. Необхідність ефективного управління органічними відходами :

З ростом обсягів побутових та харчових відходів зростає ризик засмічення каналізаційних мереж, забруднення ґрунту та питної води, а також поширення патогенів.

Інтегрована система управління відходами передбачає сортування й передобробку органічної фракції з метою компостування або виробництва біогазу, що одночасно знижує навантаження на полігони та генерує корисні побічні продукти.

3. Технічна та екологічна роль подрібнювачів харчових відходів :

Побутові та комерційні диспоузери здатні переробляти до 80 % відходів, перемелюючи їх у дрібні частинки, які легко «пропускаються» каналізацією, суттєво зменшуючи ймовірність засмічень і появу неприємних запахів.

Використання таких пристроїв знижує обсяги відходів, що потрапляють на сміттєзвалища, зменшує логістичні витрати на їх вивезення та сприяє дотриманню санітарних норм у побуті й закладах громадського харчування.

4. Екологічні наслідки та зміна клімату :

Розкладання органічної фракції на полігонах відбувається анаеробно з утворенням метану—гази-парниковий ефект якого у 25 разів потужніший за CO₂.

Усуваючи органіку з відходів за допомогою диспоузерів і перенаправляючи її на компостування чи анаеробне зброджування, можна знизити викиди метану й

										Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.								

зменшити тиск на земельні ресурси: 30 % світових сільськогосподарських угідь використовуються для виробництва їжі, що потім викидається.

5. Питання громадського здоров'я та санітарії :

Накопичення харчових відходів у побуті та на сміттєвих майданчиках призводить до поширення шкідників, неприємних запахів та створює сприятливе середовище для патогенів, які можуть потрапляти у ґрунтові та поверхневі води значним зливовим стоком.

Відсутність сортування й попередньої обробки органіки посилює корозію та засмічення каналізаційних мереж, що призводить до збільшення витрат на ремонт комунікацій і очищення стоків.

6. Роль подрібнювачів у стратегії управління відходами :

Інтеграція побутових диспозерів до кухонного обладнання дозволяє зменшити обсяг твердих відходів до 80 %, адже дрібно подрібнені частинки легко пропускаються каналізацією й надходять на очисні споруди.

На рівні комерційних закладів таке рішення знижує логістичні витрати на вивіз відходів і дозволяє спрямовувати органіку на централізовані лінії компостування чи АД-станції, покращуючи економічну ефективність системи.

7. Технічні та економічні переваги подрібнювачів харчових відходів :

Екологічність: зменшення метану з полігонів і утилізація відходів у вигляді біогазу чи компосту.

Економія ресурсів: зниження витрат на екстрений вивіз сміття, зниження зношення каналізаційних систем, а також потенційний зарібок від реалізації відновлених продуктів (компост, біогаз).

Зручність споживачів: мінімізація утворення джерел неприємних запахів у кухні, зменшення обсягу сміттєвих баків та підвищення комфорту в побуті.

1.2 Мета і завдання дослідження

Мета дослідження :

Метою роботи є розробка конструктивно-технологічної моделі черв'ячного шредера для подрібнення харчових відходів із застосуванням САПР Autodesk

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.							

Inventor, а також підбір реальних деталей і матеріалів і створення програмного забезпечення для управління приводом і моніторингу процесу подрібнення.

Опис етапів виконання роботи :

Спершу буде проведено технічний аналіз існуючих диспозерів і шредерів харчових відходів, що дозволить визначити ключові вимоги до продуктивності, габаритів, енергоспоживання та шумових характеристик майбутньої моделі. На основі цього аналізу формуватиметься технічне завдання — перелік параметрів, яких необхідно досягти в кінцевому виробі.

Далі обґрунтовується вибір черв'ячного редуктора як робочого вузла подрібнювача: буде оцінено крутний момент, що він забезпечує при різних частотах обертання, а також переваги самогальмування, що запобігає перевантаженням. На цьому ж етапі підбиратимуться електродвигун, датчики навантаження та інші допоміжні компоненти, орієнтуючись на розрахункові навантаження.

Основна частина роботи присвячена тривимірному моделюванню: у середовищі Autodesk Inventor створюється 3D-модель корпусу, черв'яка, опорних підшипників та кріпильних елементів. Після цього проводяться перевірки на колізії, аналіз зазорів і віртуальні випробування рухомих частин.

Паралельно з конструкторською моделлю буде обрано матеріали з потрібними властивостями зносостійкості та корозійної стійкості (наприклад, нержавіюча сталь для робочого органу та алюмінієвий сплав для корпусу).

Наступним кроком стане розробка програмного забезпечення: спочатку прописується алгоритм управління приводом із можливістю регулювання частоти обертання й захисту від перевантажень, а потім реалізується код на обраній мікроконтролерній платформі.

1.3 Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження :

Технологічна система подрібнення харчових відходів — комплекс обладнання та процесів, призначених для механічної обробки органічної кухонної продукції з метою зменшення її розмірів, полегшення подальшої утилізації або переробки.

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.							

Предмет дослідження :

Конструктивно-технологічні та функціональні особливості подрібнювача харчових відходів на основі черв'ячного шредера, зокрема :

- геометрія й параметри черв'яка та різальних елементів;
- взаємодія черв'ячного редуктора з ножовою секцією;
- вибір матеріалів корпусу та робочих органів ;
- алгоритми керування приводом ;
- ефективність подрібнення (продуктивність, ступінь фрагментації).

Таким чином, об'єктом є сама технологія подрібнення відходів, а предметом — інженерні рішення та програмно-апаратні компоненти черв'ячного шредера, що визначають його продуктивність і надійність.

1.4 Новизна та практична значущість

Наукова новизна

Розроблена в межах цієї роботи модель подрібнювача харчових відходів на основі черв'ячного редуктора поєднує в собі кілька інноваційних рішень, які відрізняють її від існуючих шредерів :

Комбінація черв'ячної передачі та дискретних ножів :

– Черв'ячна передача забезпечує високий крутний момент на виході й ефект самогальмування, що мінімізує ризик перекручування й блокування корпусу при завантаженні високих обсягів органіки. Таке рішення раніше застосовувалося у промислових лініях переробки, але не інтегрувалося в компактні побутові чи напівпромислові шредери.

Додаткові захисні елементи :

– Такі захисні елементи як кришка ланцюгової передачі та захисний кожух не дозволяють ніяким чином взаємодіяти із двигуном та ланцюговою передачею, що дозволяє уникати небезпеки при експлуатації.

Інтеграція програмного керування з моніторингом процесу :

- Створене ПЗ на мікроконтролері із захистом від перевантажень, регулюванням швидкості обертання формує новий рівень “розумних” диспозерів.

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.				

Подібні системи є у великих промислових установах, але вперше адаптовані до компактної моделі шредера харчових відходів для побутового та напівкомерційного використання.

Практична значущість

Скорочення обсягів відходів :

– Компактний черв'ячний шредер дозволяє зменшити твердий об'єм харчових відходів до 80–90 % від початкового, переводячи їх у стічні води чи подрібнені фракції, придатні для компостування чи анаеробного зброджування.

Економія ресурсів і зниження викидів парникових газів :

– Перенаправлення органічної фракції з полігонів на локальні біо- або компостні установки дозволяє зменшити викиди метану, потужніші за CO₂ у 25 разів, а також знизити навантаження на каналізаційну інфраструктуру та транспортні витрати на вивіз сміття.

Універсальність застосування :

– Модель пристрою придатна як для побутового використання — на кухнях приватних будинків чи квартир, так і для невеликих закладів громадського харчування, їдалень чи фудкортів, де щодня генерується значна кількість відходів.

Підвищення санітарного комфорту :

– Подрібнення та миттєве виведення відходів назовні запобігає накопиченню органіки в сміттєвих баках та появі неприємних запахів, що важливо для закладів із високими гігієнічними вимогами.

1.5 Структура та послідовність роботи подрібнювача

Структура черв'ячного шредера складається з кількох взаємопов'язаних блоків:

1. Завантажувальний вузол.

- Бункер:

Великий прямокутний приймач із нахиленими боковинами, який спрямовує харчові відходи до центрального отвору.

- Напрямні планки:

Усередині лотка встановлені ребра, що вирівнюють потік і запобігають блокуванню великих шматків.

							БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.						11

2. Подрібнювальний вузол

- Черв'як (шнек) :

Розташований по центральній осі корпусу, що зрізають й дроблять фрагменти органіки. Форма та розміщення ножів забезпечують рівномірне розмелювання до фракцій потрібного розміру.

3. Корпус та кріплення.

- Корпус шредера:

Виконаний у вигляді болтового кожуха, що захищає внутрішні деталі та утримує створи для обслуговування (доступні ревізійні кришки).

- Рама-підставка:

Металева каркасна структура з антивібраційними ніжками, яка забезпечує стійкість і запобігає передаванню вібрацій на підлогу.

4. Привід і трансмісія

- Електродвигун:

Стандартний асинхронний або колекторний двигун із номінальною потужністю.

- Черв'ячний редуктор:

Надає високе передавальне відношення, формує необхідний крутний момент для шнека.

- Ланцюгова передача:

Застосована зовнішня ланцюгова передача для передачі обертів від редуктора до незалежного барабану ножів, для синхронізації двох паралельних робочих шнеків.

5. Вихідний вузол

- Відсік-накопичувач фракцій:

Під корпусом розташований знімна ємність для подрібненої маси, яку можна вивантажувати для подальшої утилізації.

6. Послідовність роботи

1. Завантаження — харчові відходи падають у воронку
2. Транспортування — шнек захоплює матеріал і просуває його до ножів.
3. Подрібнення — ножі зрізають і дроблять органічну масу на фракції.
4. Вивід — подрібнений матеріал потрапляє у відсік-накопичувач.

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.								

2. Огляд літератури та сучасних рішень

2.1 Класифікація харчових відходів

Харчові відходи зазвичай класифікують за кількома ознаками — за стадією утворення, фізико-хімічним складом, здатністю до переробки тощо. Нижче наведено основні підходи до класифікації.



Рис 2.1 - Класифікація харчових відходів

1. За стадією утворення

Первинні (аграрні) відходи

– Втрати на полях, у садах та теплицях під час збирання (недозрілі або пошкоджені плоди, зрізана ботва).

Вторинні (переробні) відходи

– Відходи на етапі мийки, сортування, очищення та різки сировини на заводах і харчокомбінатах (шкідкі частини, обрізки, стоки з високим вмістом органіки).

Третинні (роздрібні) відходи

– Відходи у супермаркетах і магазинах (неліквідні запаси, продукти з вичерпаним терміном реалізації, товари з пошкодженою упаковкою).

Четвертинні (побутові та заклади громадського харчування)

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.							

2.2 Необхідність подрібнення харчових відходів

У сучасних системах переробки органічних відходів подрібнення харчових відходів є важливим етапом підготовки сировини перед її передачею до «черв'ячного реактора». Нижче наведено основні причини та переваги цього процесу:

1. Зменшення об'єму та маси відходів:

Подрібнення істотно скорочує загальний об'єм відходів, що знижує витрати на транспортування та зберігання, а також дозволяє ефективніше використовувати об'єм вермікомпостера чи компостної насипки.

2. Збільшення площі поверхні для мікроорганізмів і хробаків:

Роздрібнені часточки мають значно більшу сумарну площу поверхні, що сприяє швидшому й рівномірному доступу мікробів та хробаків до органіки. Завдяки цьому стадія попереднього гідролізу (мікробної підготовки) скорочується, а процес перетравлення червами відбувається більш інтенсивно та стабільно.

3. Покращення аерації та вологості:

Однорідна дисперсія дрібних шматочків харчових відходів у субстраті запобігає утворенню щільних шарів, що можуть викликати застій повітря та анаеробні умови (неприємні запахи, загибель хробаків). Подрібнення полегшує підтримку оптимального вмісту кисню й вологи в середовищі.

4. Зниження утворення неперетравних частин і перегородок:

Великі шматки шкірки, плівки або волокнистих плівок можуть заважати свободному пересуванню червів і спричинити утворення «мертвих зон» у вермікомпостері. Подрібнення попереджає такі проблеми та забезпечує рівномірне перемішування матеріалу.

5. Прискорення кінцевого отримання продукту:

Завдяки оптимальному розміру часток вдається скоротити тривалість загального циклу компостування, що підвищує продуктивність системи та швидкість отримання кінцевого вермікомпосту або біогазу (у комбінованих установках).

Таким чином, проектування черв'ячного подрібнювача харчових відходів має на меті:

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.							

- досягти однорідного розміру частинок для найкращої роботи черв'яків.
- мінімізувати ризики анаеробних процесів і неприємних запахів.
- підвищити загальну швидкість та ефективність вермікомпостування.

2.3 Огляд сучасних типів подрібнювачів

2.3.1 Побутові подрібнювачі

1. За принципом подачі:

- Безперервної подачі (continuous feed) – їжу кидають прямо під час роботи; має автоматичну промивку водою й захист від перевантаження.
- Навантажувальні порційні (batch feed) – завантаження через спеціальну кришку/диск; підвищений рівень безпеки, менше шуму.



Рис 2.2 - Побутовий подрібнювач

2. За типом ротора:

- Роторно-статорні
- ножі на роторі притискаються до нерухомої статорної решітки → шлифи “тортуються” через отвори.
- Ударно-ротаційні
- поєднують обертання ножів і ударні елементи; краще справляються з жорсткими фрагментами (кістки, шкаралупа).

3. Ключові параметри:

- Потужність: 250–800 Вт.
- Швидкість валу: 1 400–2 800 об/хв.

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				16

- Рівень шуму: 50–60 дБ (безпервнн) і до 45 дБ (batch feed).
- Матеріал корпусу: нержавіюча сталь або композит.

Таблиця 2.2 - Приклади моделей харчових подрібнювачів

Модель	Тип	Потужність	Швидкість	Особливості
InSinkErator Evolution 200	Побутовий, безперервної подачі	0,75 НР (220–240 В)	≈2800 об/хв	3-ступенева система подрібнення, звукопоглинання, реверс
Franke Turbo Elite TE-75	Побутовий, безперервної подачі	0,75 НР (550 Вт)	2700 об/хв	Антибактеріальний захист, пневматичний перемикач, гарантія 10 років

1



2



Рис 2.3 - 1) InSinkErator Evolution 200 , 2)Franke Turbo Elite TE-75

1. InSinkErator Evolution 200.

Тип: безперервної подачі (continuous feed).

Потужність: 0,75 НР (220–240 В).

Технологія подрібнення: 3-ступенева система MultiGrind.

Особливості:

- Відходи подаються у завантажувальний бункер.
- Гвинтовий вал (або вали) обертається, захоплюючи і подаючи матеріал вперед.
- В процесі проходження через корпус відбувається стирання, тиск, розрив і подрібнення відходів.

- На виході може бути встановлено сито або фільтр, який формує фракцію або перешкоджає проходженню великих частинок.

Переваги:

- Можливість роботи з вологими, слизькими, м'якими та волокнистими матеріалами.
- Високий рівень автоматизації.
- Можна інтегрувати у біореактори, компостери чи лінії переробки біопалива.
- Енергоефективність за рахунок низьких обертів.

Недоліки:

- Відносно низька швидкість обробки в порівнянні з молотковими подрібнювачами.
- Чутливість до твердих включень (камінці, металеві предмети).

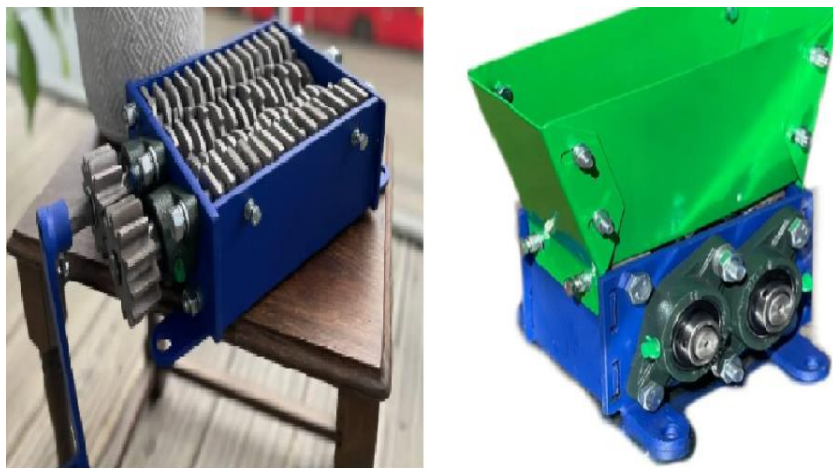


Рис 2.5 - Приклад черв'ячного шредера

Переваги:

- Низький рівень пилу та шуму завдяки повільним оборотам.
- Регульований розмір фракції — змінюючи зазор між диском і анвілом, можна отримувати кусковий матеріал заданих розмірів.
- Просте обслуговування: доступ до лез і анвіла для швидкої заміни та заточування.



Рис 2.7 - Дісковий подрібнювач

Області застосування: переробка деревних відходів (деревнообробні стружки, обрізки), текстильних та пластикових відходів, лікувальних гілок і коріння.

Молоткові подрібнювачі (Hammer Mills)

Молотковий млин — це один із найпоширеніших типів подрібнювачів, де матеріал дробиться за допомогою обертових молотків:

Принцип роботи: всередині барабана (ротора) встановлено кілька молотків, закріплених на осі. При обертанні вони «б'ють» по шматках відходів, відриваючи й розбиваючи їх об внутрішню поверхню корпусу й решітку, через отвори якої виходить готова фракція.

Переваги:

- Висока продуктивність завдяки великій швидкості ударів і можливості обробляти як тверді, так і в'язкі матеріали.
- Однорідність фракції — розмір кінцевого продукту визначається аби чільними отворами (решіткою) під ротором.

									Арк.
									22
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>						БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	

– Гнучкість у виборі молотків — можна змінювати їх матеріал (мартенсонова сталь, чавун, леговані сплави) під конкретний вид відходів.



Рис 2.8 - Молотковий подрібнювач

Області застосування: переробка харчових та сільськогосподарських відходів, первинне подрібнення пластмас, гуми, деревини, вторинна переробка будівельного сміття.

2.4 Сучасні подрібнювачі: класифікація та критерії вибору

Сучасні подрібнювачі відрізняються не лише за масштабом використання — побутові, напівпромислові та промислові — але й за механізмом дії, що визначає їхню ефективність, типи оброблюваних матеріалів та енергоспоживання.

Основні типи механічної обробки:

- Роторно-статорні системи — складаються з обертового ротора та нерухомого статора. Матеріал проходить між ними, де відбувається його стирання та подрібнення.

- Дискові подрібнювачі — оснащені обертовими дисками з ріжучими елементами. Використовуються для відносно м'яких органічних матеріалів.

- Молоткові шредери — працюють за принципом ударного подрібнення. Молотки обертаються з великою швидкістю та розбивають матеріал об стінки корпусу.

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.							

- Шнекові (черв'ячні) подрібнювачі — транспортують і стискають матеріал гвинтом, забезпечуючи рівномірне та безперервне подрібнення.

- Двороторні шредери — мають два взаємодіючі вали з зубчастими ножами, які «затягують» матеріал і подрібнюють його шляхом зрізання та розриву.

При виборі подрібнювача слід враховувати такі фактори:

- Тип відходів: органічні, тверді побутові, деревина, пластик, комбіновані.

- Об'єм навантаження: щоденний об'єм (у кг або літрах).

- Розмір часток на виході: визначає потребу в подальшій обробці або утилізації.

- Енергоспоживання та джерело живлення: електричні (220В/380В), механічні (ручні), автономні (акумуляторні).

- Простота обслуговування: доступ до ріжучих елементів, очищення, змащування.

- Безпека експлуатації: наявність захисних кожухів, автоматичних зупинок при перевантаженні.

- Можливість інтеграції: сумісність із контейнерами, системами переробки або компостерами.

2.5 Огляд сучасного методу 3D-моделювання в Autodesk Inventor

Autodesk Inventor — це професійний пакет CAD/CAM для 3D-механічного проектування, моделювання, візуалізації та створення робочої документації. Програма входить до складу колекції Product Design & Manufacturing Collection і призначена для створення цифрових прототипів, що дозволяє інженерам перевіряти «form–fit–function» дизайну ще до початку виготовлення фізичних зразків.

Основні можливості моделювання

–Параметричне 3D-моделювання: всі елементи (ескізи, грані, деталі) побудовані на базі параметрів (розмірів, виразів, зв'язків). Зміна однієї величини автоматично оновлює модель, що пришвидшує коригування й сприяє повторному використанню сімейств деталей.

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.								

–Збірки (Assembly Modeling): інструменти для проєктування складних вузлів із перевіркою колізій, аналізом зазорів і інтерактивним відстеженням кінематичних зв'язків між компонентами.

–Атрибутивні 2D-креслення: автоматичне створення креслень із параметрично зв'язаними видами та розмірами, готовими до експорту в DWG/DXF для виробництва.

1. Параметричне моделювання:

- Autodesk Inventor базується на параметричній методології, яка дозволяє
- описувати форму й розміри деталей через параметри (розміри, вирази, зв'язки).

Зміна значення будь-якого параметра автоматично оновлює всю геометрію, що спрощує генерацію сімейств деталей та адаптацію конструкції під різні технічні завдання.

2. Автоматизація й логіка (iLogic):

•iLogic — вбудований в Inventor механізм, що дозволяє описувати правила та алгоритми для автоматичного налаштування моделі: від простих умов («якщо товщина більше X, використовувати матеріал A») до складних сценаріїв генерації конфігурацій через масив даних. Це підвищує повторюваність та якість проєктування, зменшує ймовірність помилок і скорочує час створення вузлів та їхніх варіантів.

3. Вбудований аналіз і симуляція (FEA):

•Для перевірки міцності й працездатності вузлів Inventor Professional інтегрує модуль Inventor Nastran (раніше Nastran In CAD), що надає CAD-вбудовані інструменти кінцевих елементів. Користувачі можуть виконувати лінійні та нелінійні статичні розрахунки, динамічні аналізи, теплообмін і навіть краш-тести без експорту моделі в сторонній софт.

4. Генеративний дизайн:

•Генеративний дизайн у Inventor (через інтеграцію з Fusion 360 або хмарними сервісами) дозволяє вказати цільові показники (маса, жорсткість, виробничі обмеження) і автоматично згенерувати сотні інноваційних варіантів конструкції. Такий підхід особливо корисний для оптимізації корпусних елементів або

						Арк.
					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	25
Змн.	Арк.	№ докум.				

кронштейнів шредера, де потрібно мінімізувати матеріаломісткість і забезпечити відповідність міцнісним вимогам.

2.6 Аналіз технологій та принципів роботи черв'ячних шредерів для подрібнення харчових відходів.

1. Загальна характеристика

Черв'ячні шредери (інша назва – шнекові подрібнювачі) – це пристрої, основним елементом яких є обертовий гвинт (черв'як), що забезпечує подачу, стискання та механічне руйнування матеріалу. Завдяки простоті конструкції, надійності та енергоефективності, вони широко застосовуються як у побуті, так і в промисловості, зокрема для подрібнення харчових відходів, органіки, гілок, упаковки, ПЕТ-пляшок тощо.

2. Принцип роботи черв'ячного шредера

- Подавання відходів здійснюється через завантажувальний бункер.

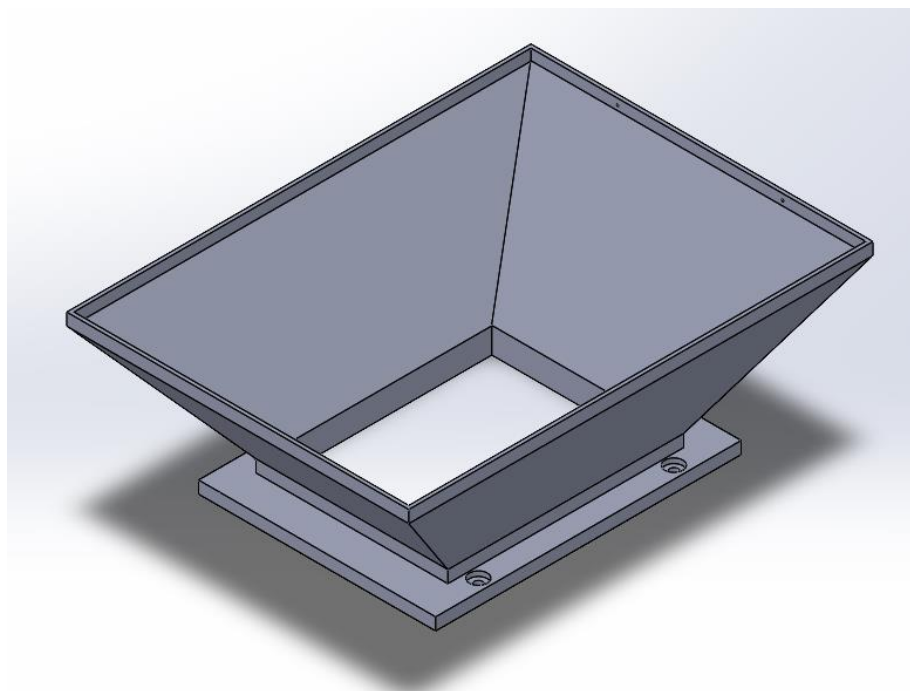


Рис 2.9 - Завантажувальний бункер

- Черв'ячний вал (шнек) обертається за допомогою електродвигуна або редуктора, створюючи зусилля для транспортування матеріалу.

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.							

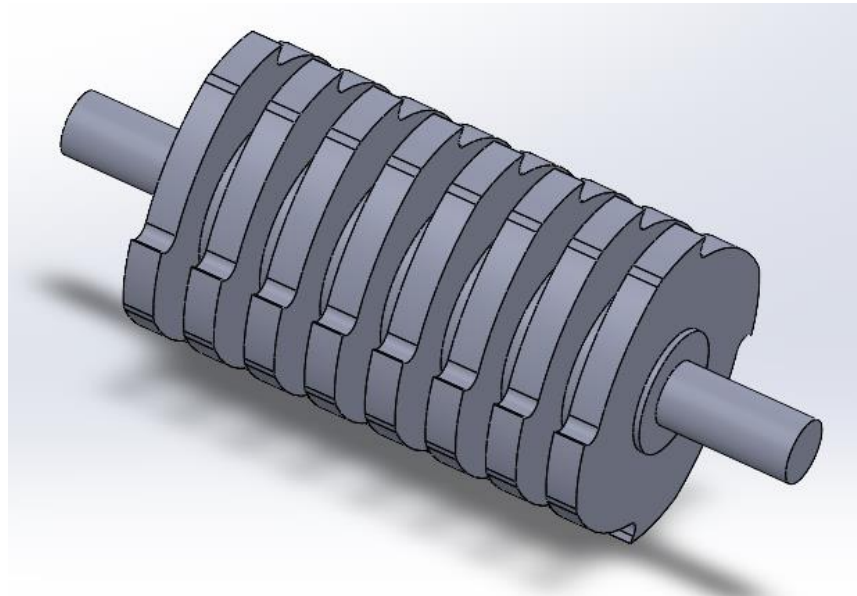


Рис 2.10 - Черв'ячний вал (шпек

- В міру руху матеріал ущільнюється та ріжеться об нерухоми пластини, протирізи або ножі.

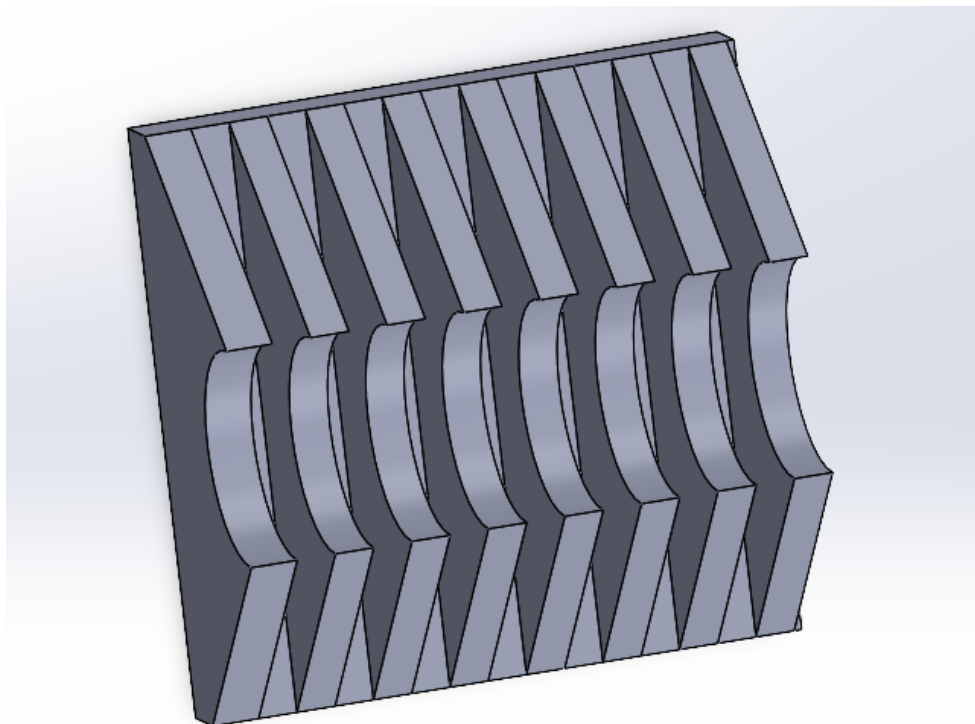


Рис 2.11 - Нерухома частина з протирізними ножами

- Подрібнений матеріал виводиться через вихідний отвір у нижній частині корпусу або у бункер.

Змн.	Арк.	№ докум.		

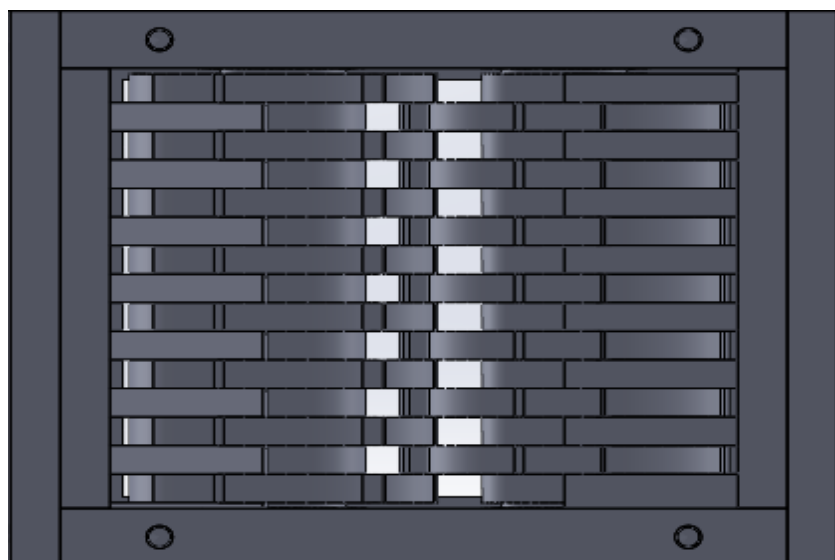


Рис 2.12 - Нижня частина корпусу звідки виходить подрібнений матеріал

3. Конструктивні особливості

Елемент	Функція
Черв'ячний вал	Переміщення і стискання відходів
Нерухомі протирізи	Забезпечують зрізування чи дроблення
Двигун	Електричний або механічний привід
Редуктор	Зменшення обертів, збільшення моменту
Корпус	Забезпечує безпечне утримання конструкції

4. Технологічні переваги

Простота конструкції — менше рухомих частин, висока надійність.

Низьке енергоспоживання — ефективна передача зусилля завдяки редуктору.

Універсальність — підходить для вологих, органічних, м'яких матеріалів.

Можливість автоматизації — подача, реверс, регулювання подрібнення.

5. Недоліки

- Не підходить для дуже твердих або металевих матеріалів.

- Потребує регулярного очищення валу та ножів.

6. Приклади застосування

- Побутові кухонні подрібнювачі: встановлюються під мийкою, з електричним приводом .

- Промислові черв'ячні подрібнювачі: великогабаритні системи для підприємств громадського харчування, переробки органіки.

3 Розробка конструкції подрібнювача

3.1 Вибір принципу дії

Для своєї бакалаврської роботи я вибрав для створення електромеханічний подрібнювач, що має два паралельних вали з дисковими ножами, які обертаються у протилежних напрямках, а передача обертового моменту буде здійснюватись через ланцюгову передачу, що буде синхронізувати обертання двох валів.

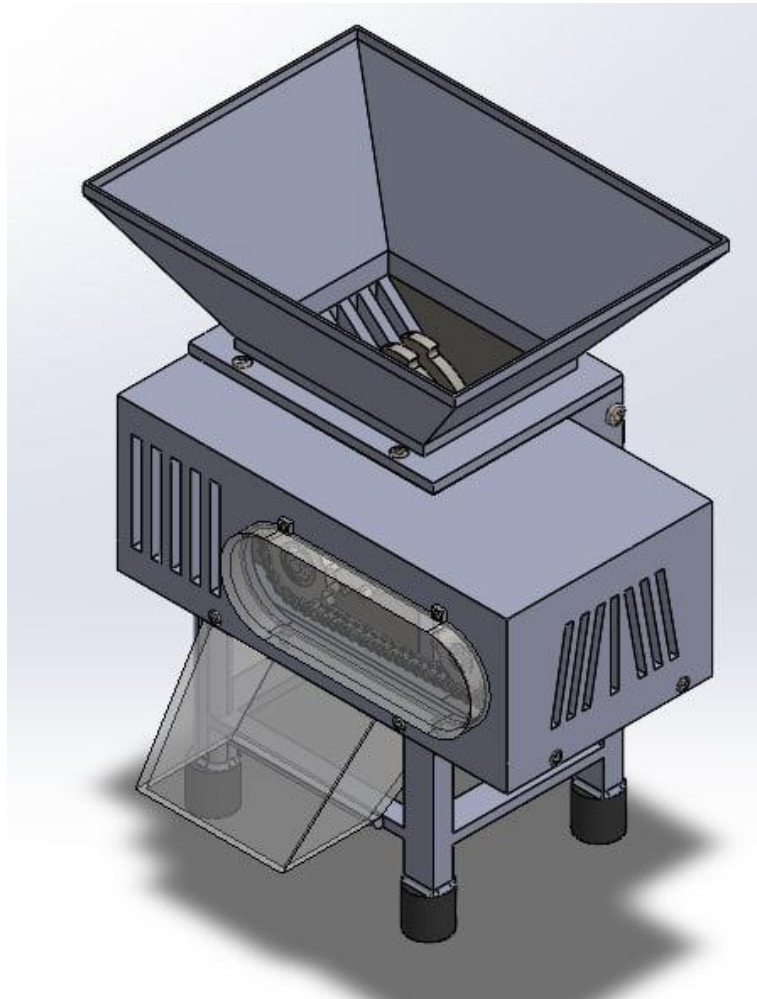


Рис 3.1 - Вигляд подрібнювача

Принцип роботи :

1.Завантаження матеріалу

-Відходи (наприклад, харчові рештки або пакувальні матеріали) подаються зверху у бункер.

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.						БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	

2.Обертання валів

- Електродвигун через редуктор і ланцюгову передачу передає крутний момент на один із валів.

3.Подрібнення

- Вали оснащені дисковими ножами або зубчастими елементами, які перемелюють відходи завдяки зустрічному обертанню. Матеріал захоплюється ножами і

протягується між ними, подрібнюючись на фракції.

4.Виведення подрібненого матеріалу

- Подрібнені відходи падають вниз у контейнер або транспортуються далі по системі.

Механічні й електричні компоненти :

Компонент	Функція
Електродвигун	Джерело приводу, зазвичай потужністю 0.5–3 кВт
Редуктор	Знижує оберти, збільшує момент
Ланцюгова передача	Передає момент на обидва вали, синхронізує обертання
Вали з ножами	Подрібнення відходів
Каркас і бункер	Утримують і направляють матеріал до подрібнюючого механізму

1.Механічна серцевина: двохваловий подрібнювач

1.1 Завантажувальний бункер

- Форма: трапецієвидна, щоб матеріал сам Gravity-завантажувався до зони ножів.

- Кут нахилу стінок: зазвичай 50–60°, щоб уникнути залипання вологих відходів.

1.2. Вали й ножові елементи

- Вали

- Два паралельні вали

- Ножові диски

- Чергування ріжучих дисків та протирізів (стрічкових або пластинчастих), встановлених з певним зазором.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.								

- Ріжучі елементи нарізають і розривають матеріал, протирізи підрізають і контролюють фракцію.

1.3. Ланцюгова передача і редуктор

- Редуктор
- Планетарний або черв'ячний редуктор, що знижує оберти двигуна і підвищує крутний момент.

-Ланцюг
- Синхронізує обертання обох валів
- Натяжка
- Пружинний або гвинтовий натяжний механізм підтримує правильний провіс ланцюга, запобігаючи зіскокам.

1.4. Фаза подрібнення

- 1.Подача: матеріал самопливом потрапляє між валами.
- 2.Захоплення: ріжучі зубці чіпляють шматочки, притягують їх углиб.
- 3.Розрив і зріз: зустрічне обертання валів створює високі сили зрізу та розриву волокон.
- 4.Досічка: протирізи остаточно подрібнюють велику фракцію до заданого зазору.
- 5.Вихід: готові шматки падають у збірний бункер або транспортер.

2. Електромеханічна частина та автоматизація

2.1. Електродвигун

-Тип: короткозамкнений асинхронний або індукторний двигун, іноді — безколекторний DC.
- Потужність: 0,5–5 кВт для побутових і до десятків кВт для промислових схем.
-Оберти: 1 400–1 800 об/хв, далі редукція.

2.2. Панель керування

-Пуск/стоп: кнопки «Start»/«Stop» з індикацією стану.

2.3. Система захисту

- Кожухи та кришки

3. Технічне обслуговування й експлуатація

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				31

- Змащення: редуктор, ланцюг і підшипники в мільйонних інтервалах.
- Заміна ножів: через знос (зазвичай 200–500 мотогодин).
- Очищення: після роботи з вологими або липкими відходами — обов'язкове промивання корпусу та валів.

- Перевірка натягу ланцюга: перед кожним зміною партії відходів.

4. Функціонал

Двовальний електромеханічний шредер поєднує в собі:

- Високу продуктивність завдяки великому зазору і зустрічному обертанню валів.
- Міцну конструкцію з редуктором і ланцюгом, що дає великий крутний момент.
- Гнучке керування через панель і частотний перетворювач.
- Надійні системи захисту, що підвищують безпеку експлуатації.

Цей пристрій підходить і для побутового масштабу (малі кафе, ресторани), і для невеликих переробних підприємств, де потрібно швидко і якісно подрібнити великий обсяг органіки із мінімальним обслуговуванням.

Переваги:

- Висока ефективність подрібнення
- Можливість переробки твердих і об'ємних відходів
- Надійна ланцюгова передача

Недоліки:

- Більша складність у порівнянні з одновальними системами
- Потреба в обслуговуванні ланцюгової передачі
- Може бути шумним при роботі

3.2 Розрахунок основних параметрів (потужність, об'єм, продуктивність)

Розрахунок наведено для моделі побутово-промислового рівня.

Розрахунки були зроблені в програмі Mathcad, тому всі вхідні дані можна змінювати в залежності від необхідності.

1. Розрахунок крутного моменту

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				32

Розрахунок крутного моменту

радіус зони подрібнення $r := 0.01$ м

сила різання на один ніж $F_{\text{рез}} := 250$ Н

кількість ножів валу $z_1 := 8$ $z_2 := 7$

Крутний момент валу

$M := F \cdot r = 2.5$ Н(на один ніж)

на весь вал

перший вал

$M_1 := M \cdot z_1 = 20$ Н

другий вал

$M_2 := M \cdot z_2 = 17.5$ Н

середнє значення

$M_3 := \frac{M_1 + M_2}{2} = 18.75$

1 Розрахунок необхідної потужності

Розрахунок необхідної потужності

для подрібнення м'яких відходів достатньо 80-120 об/хв

тому швидкість обертання валу $n := 120$ об/хв ККД ланцюгової передачі $\eta := 0.85$

Кутова швидкість $\omega := \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = 12.566$ рад/с

Потужність $P := \frac{M_3 \cdot \omega}{\eta} = 277.199$ Вт = 0.27 кВт

Висновок потрібен електродвигун потужністю 0.27кВт при 120об/хв на виході через редуктор

3 Розрахунок об'єму камери подрібнення та орієнтовної продуктивності

Об'єм камери подрібнювача(бункера)

Довжина $L := 250$ мм Ширина $W := 194$ мм Висота $H := 110$ мм

Об'єм

$V := L \cdot W \cdot H = 5.335 \times 10^6$ $V = 5.335$ л

Орієнтовна продуктивність

-один цикл подрібнення займає близько 7 секунд

-за 1 хвилину близько 7 циклів

-кожен цикл $5.335\text{л} = 1.8\text{кг}$ (за густиною $\rho = 350\text{кг/м}^3$)

$Q := 1.8 \cdot 7 = 12.6$ кг/хв

Підсумкові дані:

Параметр	Значення
Необхідна потужність	0.27 кВт
Об'єм бункера	5.335л
Крутний момент	18.75 Н
Продуктивність	12.6 кг\хв

Швидкість обертання валу вибираю за рахунок типу використання мого подрібнювача, а саме для подрібнення харчових відходів, тому мені підходить вал зі швидкістю обертання 80-120 об\хв який використовується для подрібнення м'яких відходів(фрукти, залишки їжі). За потреби значення можна змінити для дослідження шредера, оскільки написана програма в Mathcad дозволяє змінювати всі значення та отримувати різні обрахунки із цих досліджень.

Висновок розрахунків:

Із розрахунків отримую, що потрібен електродвигун потужністю 0,27 кВт (270 Вт) із вихідною швидкістю 120 об\хв через редуктор — може працювати і є цілком реалістичним варіантом для невеликого подрібнювача харчових відходів, якщо правильно підібрано передавальний механізм та ріжучий блок.

21,5 Н·м — це вже достатній крутний момент, щоб:

- подрібнювати вологі харчові відходи (фрукти, овочі, м'які залишки),
- переробляти дрібні кістки, шкаралупу тощо,
- підтримувати стабільну роботу ножового валу.

Умови, за яких він справді буде ефективним:

- Редуктор має бути якісним.
- Ножі — гострі, виготовлені з інструментальної сталі.
- Конструкція корпусу має передбачати захист від перевантаження.
- Матеріал не повинен містити метал або тверде скло.

Двигун на 0,27 кВт і 120 об\хв може ефективно працювати в невеликому електромеханічному подрібнювачі харчових відходів, за умови, що конструкція оптимізована під його потужність.

3.3 Підбір матеріалів і компонентів

1. Вал

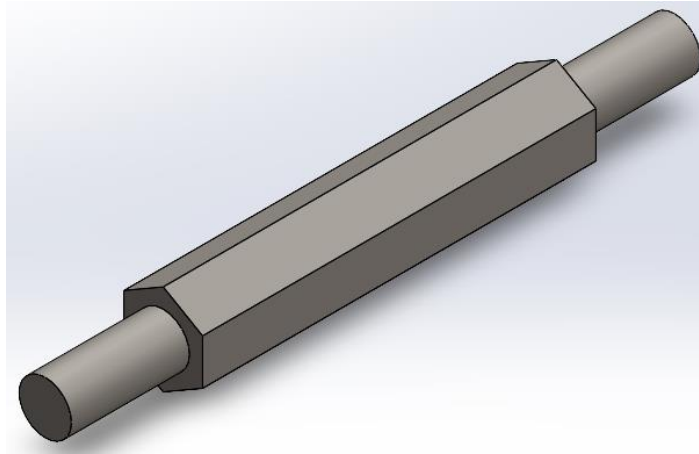


Рис 3.2 - Вал

Вал, на який кріпляться леза в шредері для харчових відходів, є ключовим силовим елементом. Він:

- передає крутний момент від приводу.
- утримує ріжучі елементи (ножі, шайби).
- працює в умовах високих навантажень, вологи, тертя.
- має бути міцним, зносостійким і корозійностійким (через контакт з вологими харчовими залишками).

Матеріал - Нержавіюча сталь(AISI 420 / 1.4021).

Характеристики - Тверда, допускає термообробку (гартування до ~50 HRC), стійка до корозії.

Використання - Оптимальний вибір для валів з ножами.



Рис 3.3 - Сталь 20X13

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.								

Передній та задній корпус (плити/щоби) у шредері для харчових відходів є несучим елементом, який:

- тримає вали та ножі в правильному положенні
- сприймає осьові та радіальні навантаження
- часто має отвори для підшипників, сальників, кріплень, і має бути стійким до вологи та корозії, оскільки часто контактує з харчовими залишками.

Матеріал - Нержавіюча сталь (покращена AISI 316 / 1.4401).

Аналог матеріалу : ГОСТ 03Х17Н14М3

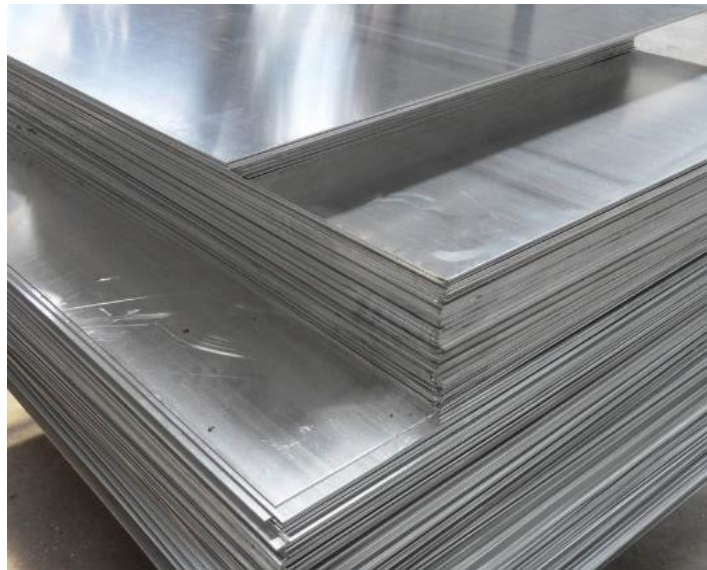


Рис 3.11 - Сталь 03Х17Н14М3

Розшифровка марки сталі :

Сталь 03Х17Н14М3

03Х17Н14М3 — аустенітна нержавіюча сталь з молібденом

03 Вміст вуглецю до 0,03% (низьковуглецева)

X Хром (Cr) — легуючий елемент

17 Вміст хрому $\approx 17\%$

H Нікель (Ni) — легуючий елемент

14 Вміст нікелю $\approx 14\%$

М3 Молібден (Mo) — приблизно 3%

GOST (Україна) 20Х13 - Найближчий аналог у ГОСТ

- Основа, найближчий аналог.

- Використовується для виготовлення хімічного обладнання.

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк. 39
Змн.	Арк.	№ докум.				

- Хімічний склад подібний до AISI 316: Cr ~17%, Ni ~14%, Мо ~2.5%.

Характеристики - Найпопулярніша у харчовій промисловості, стійка до корозії, зварюється добре, вища корозійна стійкість (особливо до солей, кислот), дорожча.

Використання - Корпуси, кожухи, опорні елементи.

6. Бічний корпус

Аналог матеріалу : ГОСТ 03X17H14M3

- Основа, найближчий аналог.
- Використовується для виготовлення хімічного обладнання.
- Хімічний склад подібний до AISI 316: Cr ~17%, Ni ~14%, Мо ~2.5%.

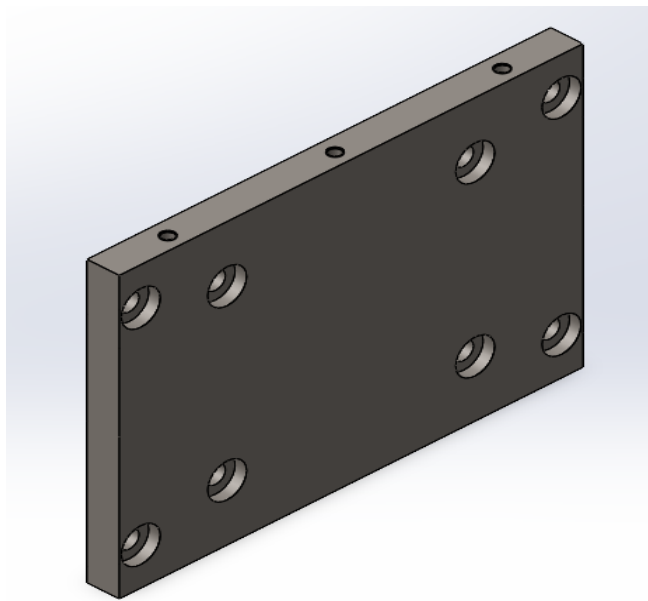


Рис 3.12 – Бічна стінка корпусу

Бічний корпус шредера для харчових відходів виконує захисну, конструкційну та гігієнічну функцію, тому матеріал має бути:

- міцним та зносостійким
- стійким до корозії та вологи
- безпечним для харчового середовища (не виділяти шкідливих речовин).

Характеристики - Харчовий стандарт, стійка до корозії, зварювана, міцна.

Використання - Найкращий вибір для харчових шредерів.

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.							

7. Канал подачі

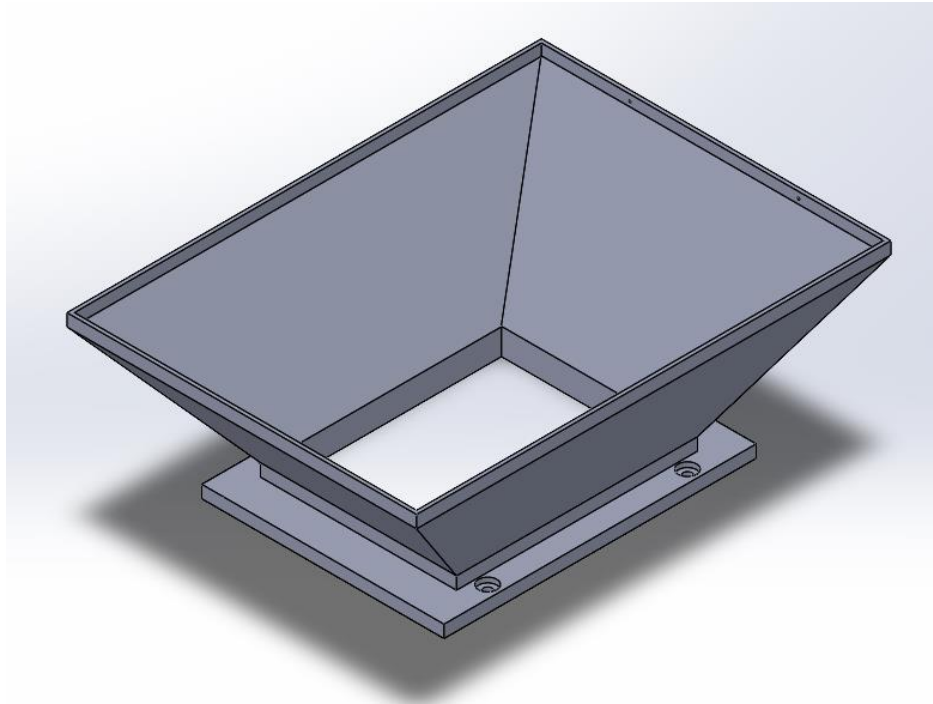


Рис 3.13 - Завантажувальний жолоб

Канал подачі (або завантажувальний жолоб / вхідний лоток) у шредері для харчових відходів – це частина, через яку харчові залишки потрапляють до ножового механізму. Він постійно контактує з:

- вологою, агресивним середовищем (кислоти, ферменти)
- органікою, що швидко розкладається
- частим миттям (іноді з дезінфекцією).

Тому до матеріалу пред'являють вимоги:

- харчова безпечність,
- корозійна стійкість,
- гладкість поверхні (для легкого очищення),
- механічна міцність (не повинен деформуватися чи стиратися).

Матеріал - Нержавіюча сталь (AISI 304 / 1.4301).

Аналог матеріалу - ГОСТ (Україна) 08X18H10 - Найближчий хімічний аналог.

Характеристики - Гігієнічна, зносостійка, добре миється, не реагує з харчовими залишками.

										Арк.
										41
Змн.	Арк.	№ докум.								

Використання - Найкращий вибір, використовується у всіх професійних установках.

8. Внутрішній корпус леза

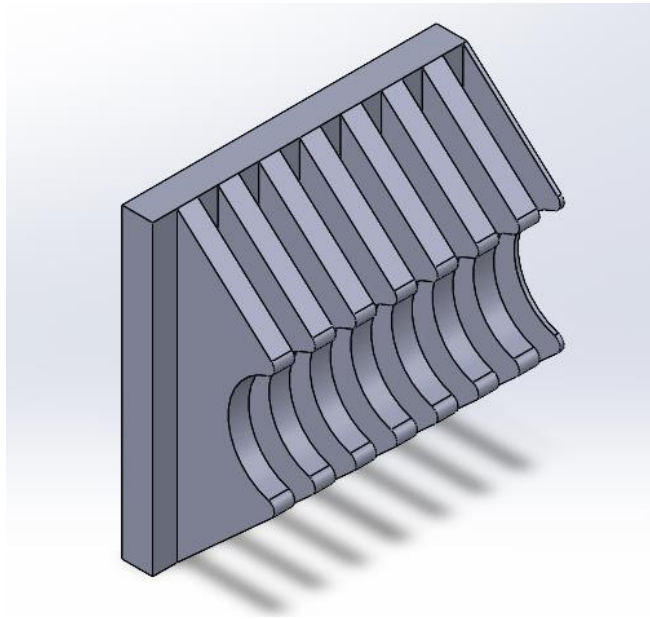


Рис 3.14 - Внутрішній корпус леза

Внутрішній корпус леза у шредері для харчових відходів — це ключовий елемент, який:

- утримує леза або їхній блок усередині корпусу
- працює в агресивному вологому середовищі
- піддається високим навантаженням, тертю та вібраціям
- має контактувати з харчовими відходами (тобто — повинен бути гігієнічним

і корозійностійким).

Матеріал - Нержавіюча сталь (AISI 304 / 1.4301).

Аналог матеріалу : GOST (Україна) 08X18H10 - Найближчий аналог.

Характеристики - Харчовий стандарт, стійка до корозії, зносостійка, гігієнічна.

Використання - Основний вибір для внутрішніх частин.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.							

9. Стіл (рама)

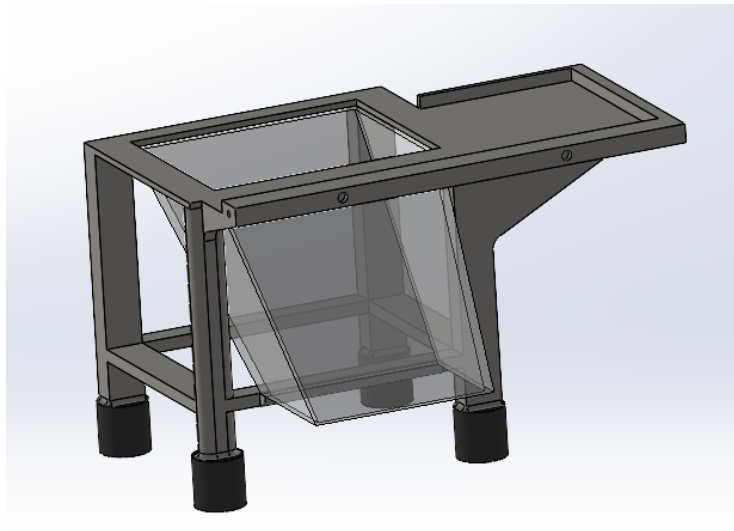


Рис 3.15 - Рама

Стіл (або рама / основа) у шредері для харчових відходів виконує несучу функцію — підтримує всю конструкцію, включно з двигуном, редуктором, ножовим блоком та бункером. Основні вимоги до матеріалу:

- висока міцність і жорсткість (особливо при роботі двигуна).
- стійкість до корозії (через вологе середовище).
- довговічність при динамічних навантаженнях.

Матеріал - Нержавіюча сталь (AISI 304 / 1.4301).

Аналог матеріалу - ГОСТ (Україна) 08X18H10 - Найближчий хімічний аналог.

Характеристики - Висока стійкість до корозії, харчова безпека, але дорожча.

Використання - Харчова промисловість, ресторани

10. Підшипники, Фланцеві шестигранні гайки, Шестені

Параметри підшипника (розмір 0320, внутрішній діаметр — 20 мм, зовнішній — 52 мм, товщина — 15 мм, 8 кульок, без сепаратора). Для шредера харчових відходів, підшипники зазвичай виготовляються з нержавіючої сталі через її стійкість до корозії та впливу агресивного середовища (волога, кислоти, залишки їжі).

Матеріал та характеристики - AISI 440C (нержавіюча сталь для підшипників) тверда, корозійностійка, підходить для харчової промисловості.

Аналог матеріалу : ГОСТ (Україна) 110X18МШ, 110X18МФЛ -

Найближчі аналоги за складом і властивостями.

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.							

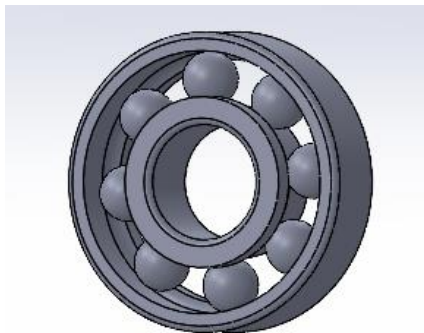


Рис 3.16 - Підшипник

Фланцева шестигранна гайка типу M20 згідно з ISO 4161 (Coarse Thread Hexagon Nut With Flange).

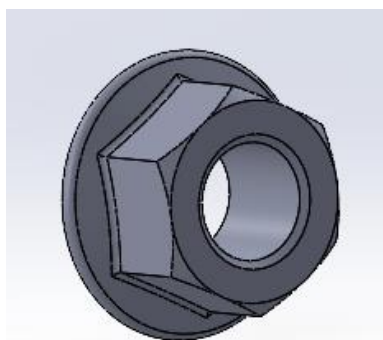


Рис 3.17 - Фланцева шестигранна гайка

Для використання у шредері харчових відходів, така гайка повинна бути виготовлена з корозійностійкого матеріалу, який:

- відповідає вимогам харчової безпеки.
- стійкий до вологи, кислот і агресивного середовища.

Матеріал та характеристики - найчастіше використовують AISI 304 (нержавіюча сталь) — стандартний варіант для харчової промисловості, гарна корозійна стійкість.

Аналог матеріалу : ГОСТ 08X18H10 - Найближчий український аналог.

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.								

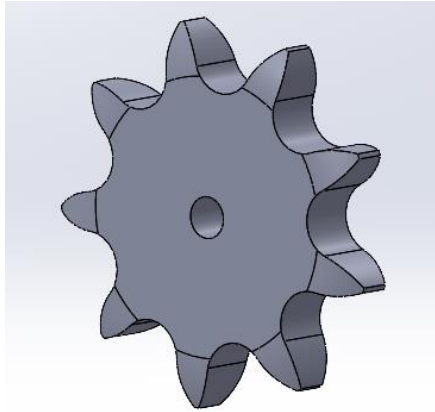


Рис 3.18 - Шестерня

Зірочка (шестерня) для ланцюгової передачі, яка використовується у шредерах для харчових відходів. Вибір матеріалу для такої деталі залежить від умов експлуатації, зокрема — контакт з вологою, хімічними речовинами та харчовими залишками.

Матеріал - Нержавіюча сталь (AISI 304)

Аналог матеріалу : ГОСТ 08Х18Н10 - Найближчий український аналог.

Характеристики:

- Сумісна з харчовими продуктами.
- Хороша корозійна стійкість.
- Найпоширеніший вибір.

Кріпильний болти

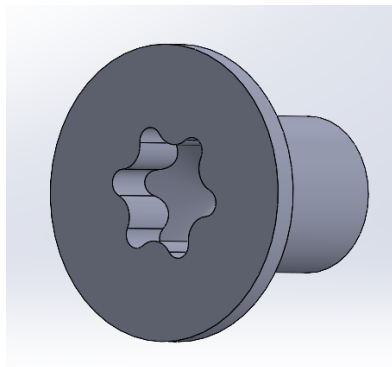


Рис 3.19 - Болт

У збірці зроблені кріпильні отвори для кріплення, розмірами для болтів М2, М3, М5, М6 та М8. Для кожного розміру болта індивідуально задається довжина згідно його кріпленню у збірці.

					БР.ПМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.				

Двигун постійного струму

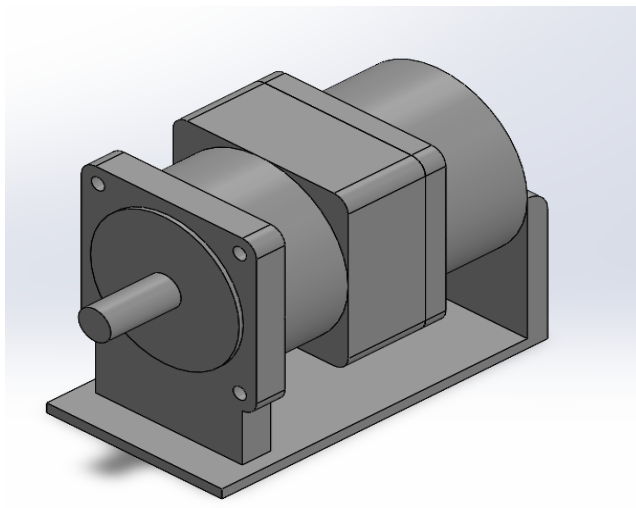


Рис3.20 - Двигун постійного струму

1.Корпус двигуна:

- Складається з двох основних циліндричних частин — задня частина є гладкою (ймовірно, це кришка статора), передня частина — трохи коротша.

- Між ними розташовано прямокутний блок — це, ймовірно, корпус статора, з охолоджувальними ребрами або декоративним кожухом.

2.Вал (ротор):

- Виходить з передньої частини двигуна.

- Має циліндричну форму — тут, ймовірно, кріпиться ріжучий елемент подрібнювача.

3.Монтажна плита:

- Основа двигуна — плоска пластина, яка дозволяє жорстко закріпити двигун до рами або корпусу подрібнювача.

4.Фланець кріплення:

- Передня частина має квадратний фланець із отворами для гвинтів — це забезпечує точне та міцне кріплення до іншої частини пристрою (наприклад, редуктора або камери подрібнення).

									Арк.
									46
Змн.	Арк.	№ докум.							

4. Технологія моделювання основних деталей

4.1 Створення деталей

1.1 Створення деталі 1 “Вал”

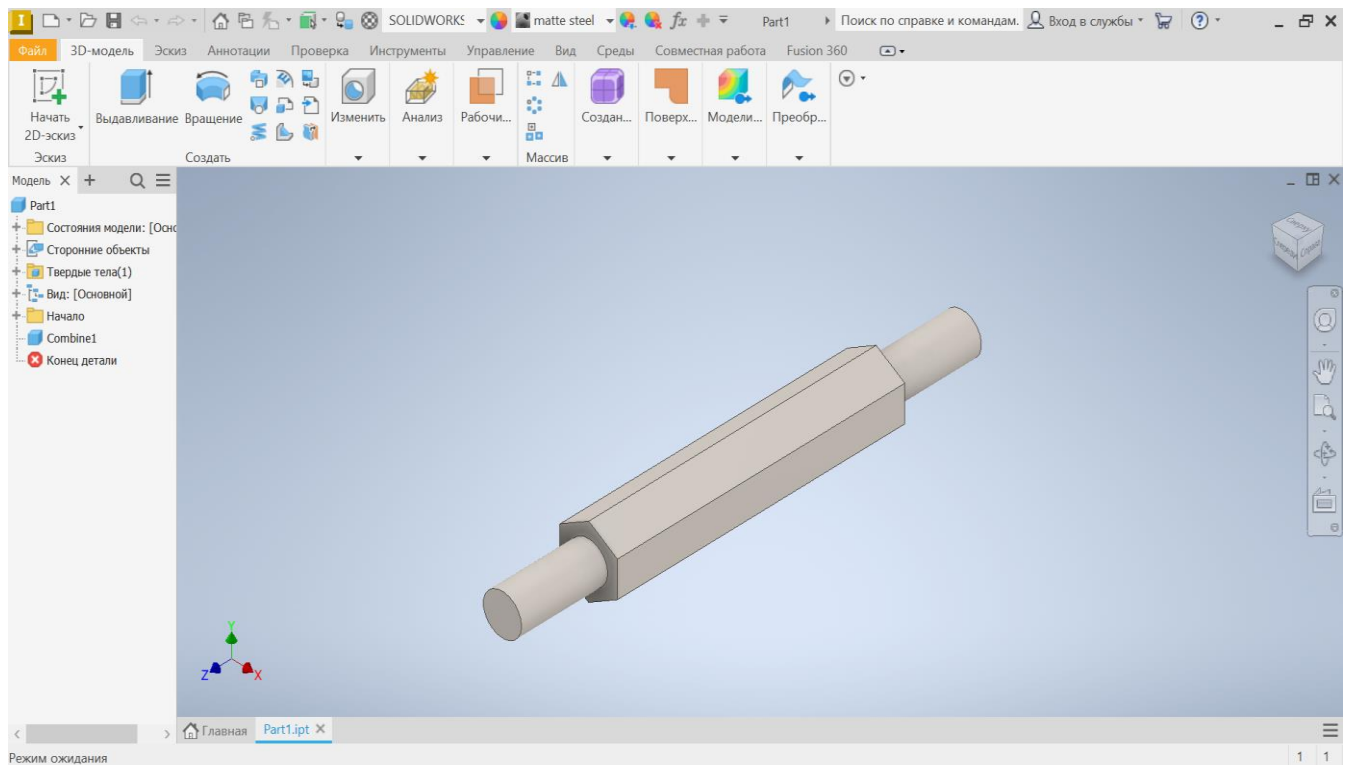


Рис 4.1 - Вал

Кроки побудови в Inventor:

Крок 1:

1. Створюю нову деталь (New > Standard.ipt).
2. Створюю ескіз (Start 2D Sketch) на площині XY.
3. Побудова кола:
 - Вибираю інструмент Circle (Center Point Circle).
 - Ставлю центр кола в початку координат.
 - Ввожу діаметр 30 мм.
4. Побудова шестикутника:
 - Вибираю інструмент Polygon (Полігон).
 - У вікні параметрів вказуємо 6 сторін.
 - Обираю вписаний у коло (Inscribed in circle).

- Клікаю у центр координат і натягніть шестикутник, щоб його вершини лягали на коло діаметром 30 мм.

- Зафіксувати розмір діаметра.

5. Завершую ескіз (Finish Sketch).

6. Виконую операцію Extrude (видавлювання):

- Вибираю шестикутник як профіль.

- Задаю потрібну товщину (150 мм).

Після ОК.

Крок 2:

1. Вибираю одну із торцевих граней шестикутника (перпендикулярну до осі).

2. Створюю новий ескіз на цій грані.

3. Будую коло з центром у центрі грані.

- Інструмент Circle.

- Діаметр: 20 мм.

4. Завершую ескіз.

5. Виконую операцію Extrude (видавлювання):

- Вибираю коло як профіль.

- Задаю потрібну товщину (45 мм).

Крок 3:

1. Аналогічні дії виконую на іншій грані шестикутника.

(коло, діаметром 20мм)

2. Завершую ескіз.

3. Виконую операцію Extrude (видавлювання):

- Вибираю коло як профіль.

- Задаю потрібну товщину (45 мм).

1.2 Створення деталі 2 “Шайба”

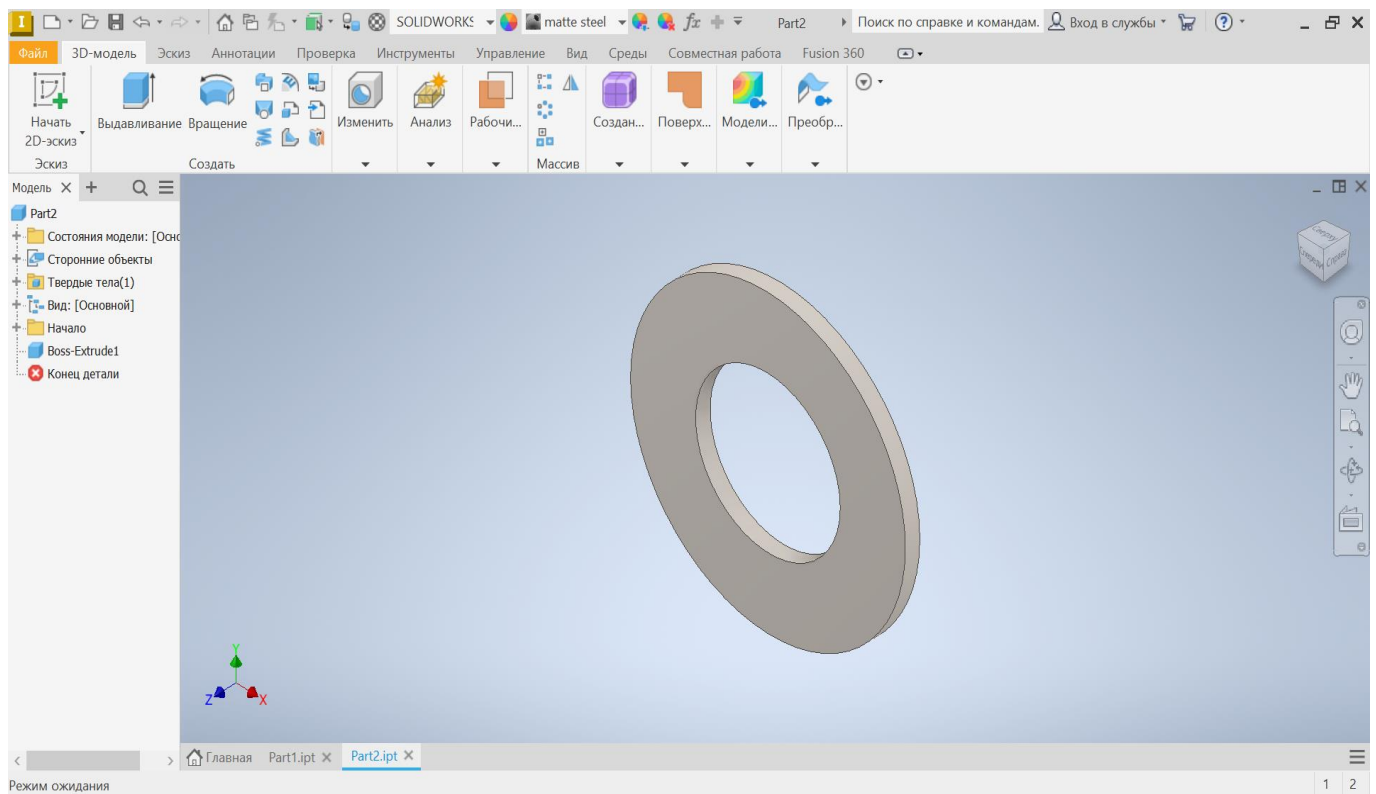


Рис 4.2 - Шайба

Кроки побудови в Inventor:

- 1.Створення нової деталі (New > Standard.ipt).
- 2.Створюю ескіз (Start 2D Sketch) на площині XY.
- 3.Креслю два концентричних кола:
 - Вибираю інструмент "Circle → Center Point Circle".
 - Створюю два кола з одним центром:
 - Внутрішній діаметр: 20 мм(перше коло).
 - Зовнішній діаметр: 38 мм(друге коло).
 - Для цього задаю розміри за допомогою інструменту "Dimension" (D).
- 4.Завершаю ескіз:
 - Натискаю "Finish Sketch".
- 5.Виконую операцію Extrude (видавлювання):
 - Вибираю інструмент "Extrude".
 - Видаляем кільцеву область між колами.
 - Встановлюю потрібну висоту выдавлювання (2мм).

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.							

БР.ПІМІ-67.00.000 ПЗ

1.3 Створення деталі 3 “Лезо”

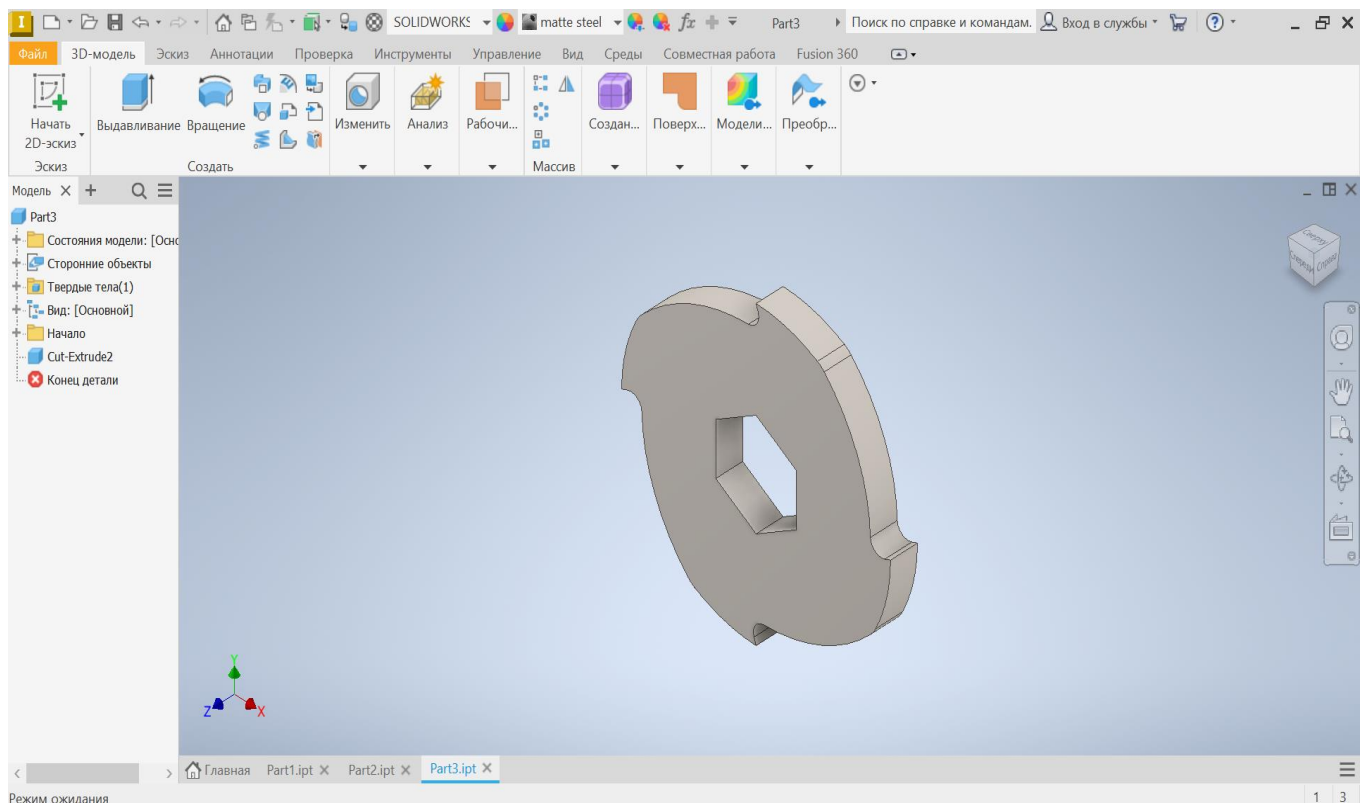


Рис 4.3 - Лезо

Кроки побудови в Inventor:

1.Створення ескізу (Sketch) на XY площині:

- Створюю два кола потрібного діаметру (100мм, 85мм зовнішній контур деталі).

- В центрі створюю шестикутник (Polygon з 6 сторонами) із замкнутим контуром, який буде отвором (30мм).

2.Виріз шестикутника:

- Використовую команду Extrude → Cut, щоб вирізати шестикутний отвір наскрізь.

3.Створення форми леза:

- На тому ж ескізі (або новому) створюю одну виїмку по контуру (це може бути дуга або крива лінія).

- За допомогою функції Circular Pattern, повторюю її 3 рази навколо центру.

3.Виріз виїмок:

- Використовую Cut (вирізання по ескізу) на всі виїмки.

4.Згладження країв (опціонально):

					Арк.
					50
Змн.	Арк.	№ докум.			

- Команда Fillet для округлення внутрішніх/зовнішніх кутів

1.4 Створення деталі 4 “Прокладка леза”

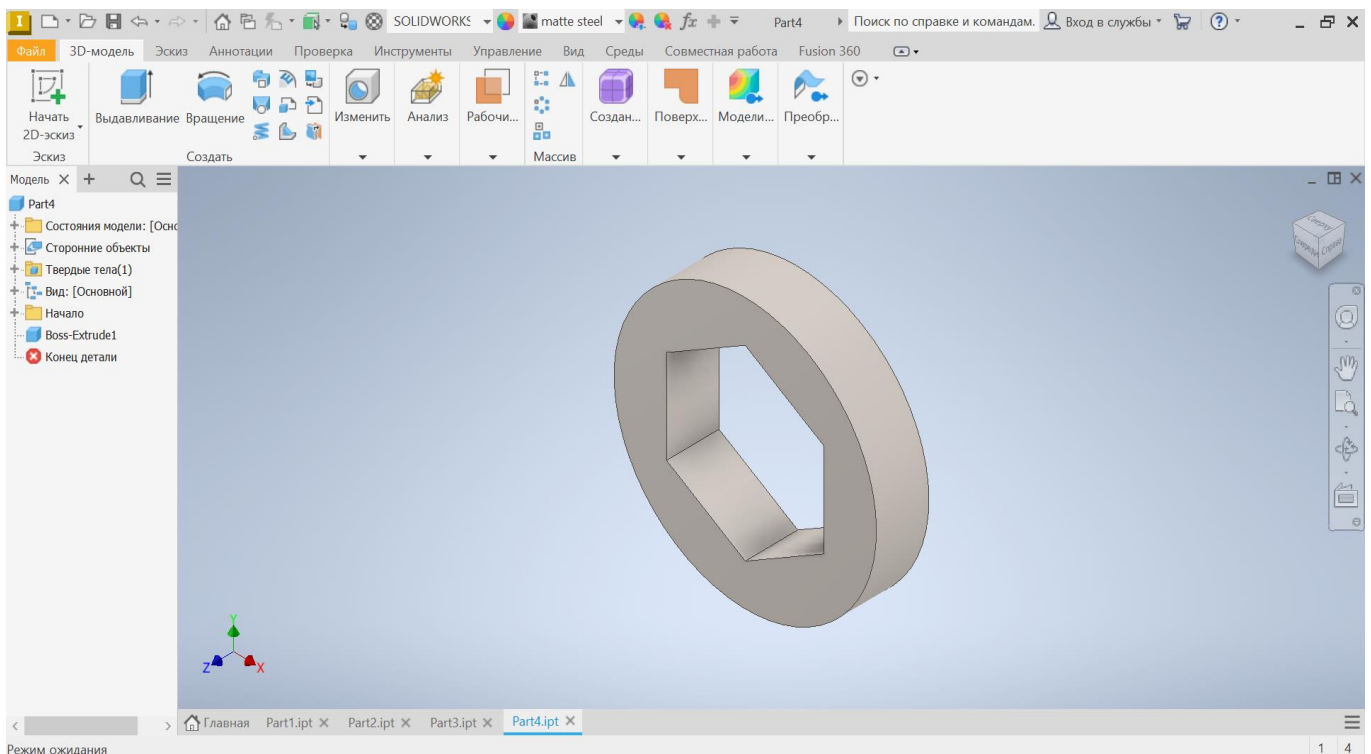


Рис 4.4 - Прокладка леза

Кроки побудови в Inventor:

Новий ескіз:

1.Створення нової деталі (Standard.ipt).

-Вибираю площину XY (Top Plane) для створення ескізу.

2. Геометрія ескізу:

- Коло зовнішнє:

- Створюю коло з центром у початку координат.

- Призначаю діаметр 50 мм.

3.Шестикутник (Polygon):

- Вибираю інструмент Polygon → 6 сторін.

- Вписую в коло (інструмент дозволяє задати вписаний шестикутник).

- Встановлюю діаметр кола, в яке вписано шестикутник, як 30 мм.

3.Витягування (Extrude):

- Використовую Finish Sketch.

- Інструмент Extrude:

					Арк.
					51
Змн.	Арк.	№ докум.			

1. Створення основного тіла (Boss-Extrude1):

- Вибираю площину (XY Plane).
- Будую прямокутник розмірами, які відповідають габаритам деталі.
- Застосовую операцію Extrude на потрібну товщину.

2. Внутрішня дугова вибірка (Cut-Extrude1):

- Створюю новий ескіз на передній поверхні основного тіла.
- Будую дугу або півколо в центральній частині та замкніть її прямими лініями до країв.

- Застосовую Extrude Cut (вирізання), щоб створити внутрішню вигнуту форму.

3. Похилі канавки (Cut-Extrude2):

- Створюю новий ескіз на тій самій площині або на іншій, перпендикулярній.
- Будую один трикутник (для похилого зуба/канавки).
- Застосовую Circular Pattern, щоб повторити виріз по всій поверхні.
- Застосовую Extrude Cut, щоб видалити матеріал.

1.9 Створення кришки болтів

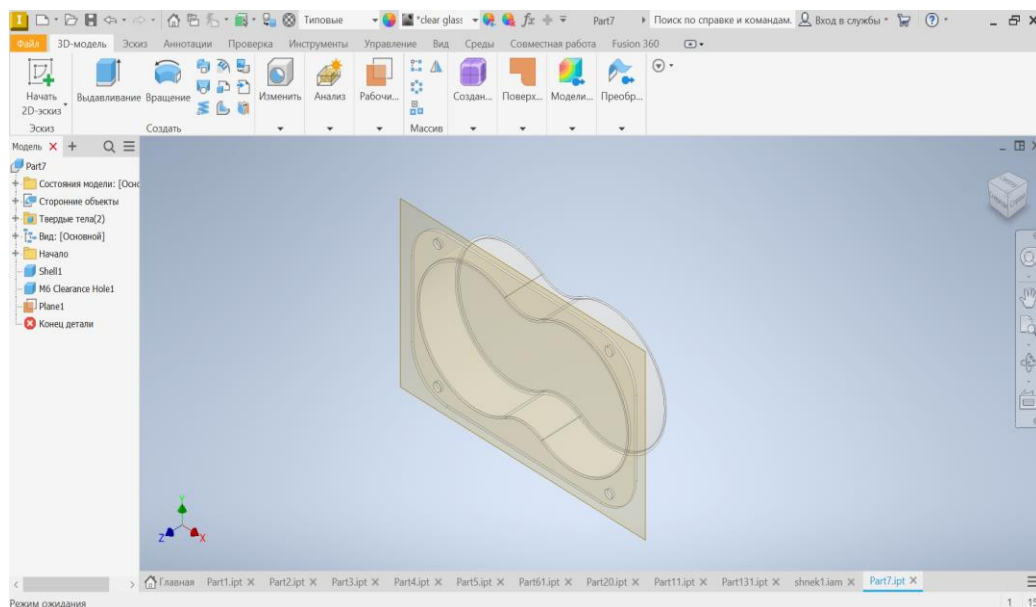


Рис 4.9 - Кришка болтів

1. Створення нового файлу деталі:

Відкриваю Inventor → Створити → Деталь (Part).

2. Початок 2D-ескізу:

- Натискаю «Почати 2D-ескіз».

											Арк.
											56
Змн.	Арк.	№ докум.									

- Почати з 2D-ескізу прямокутника для основи рами.
- Видавлюю профіль (Extrude) для створення першого профілю.
- За допомогою масиву створюю решту елементів рами (ніжки, перемички).

2. Додання площин (Plane1–3):

-Створені площини використовуються як робочі для монтажу каналу виходу, панелі або додаткових деталей під кутом.

3. Побудова каналу виходу для відходів:

- Створюю ескіз прямокутника на допоміжній площині.
- Видавлюю вниз (Extrude Cut або Extrude Solid) для створення об'єму виходу.
- Додаю отвір у нижній частині — місце виходу відходів.

4. Вставка або створення настільної частини:

- Верхня панель створюється окремо: ескіз → прямокутник → видавлювання.
- Вирізується отвір над виходом для скидання відходів.

5. Оболонка (Shell):

- Shell використана для вихідного каналу— стінки з тонкого металу.

6. Округлення (Fillet12, Fillet13):

- Додаються заокруглення для кращої гігієни, міцності та безпеки на кутах конструкції.

7. Ніжки з гумовими опорами:

- Видавлюються циліндри під ніжки.
- Нижні частини мають інший колір — змодельовано гумові накладки або регульовані опори.

					БР.ПІМІ-67.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				58

- Вирізаю щілину наскрізь.

- Створюю прямокутний масив (Rectangular pattern) для копіювання 3–4 отворів.

- Застосовую дзеркальне відображення (Mirror) на протилежну сторону.

7. Монтажні отвори

- Будую точки внизу під гвинти.

- Використовую команду "Отвір" (Hole), задаю діаметр та глибину/наскрізний отвір.

1.13 Створення кріплення(Кришки) до закриття каналу подачі

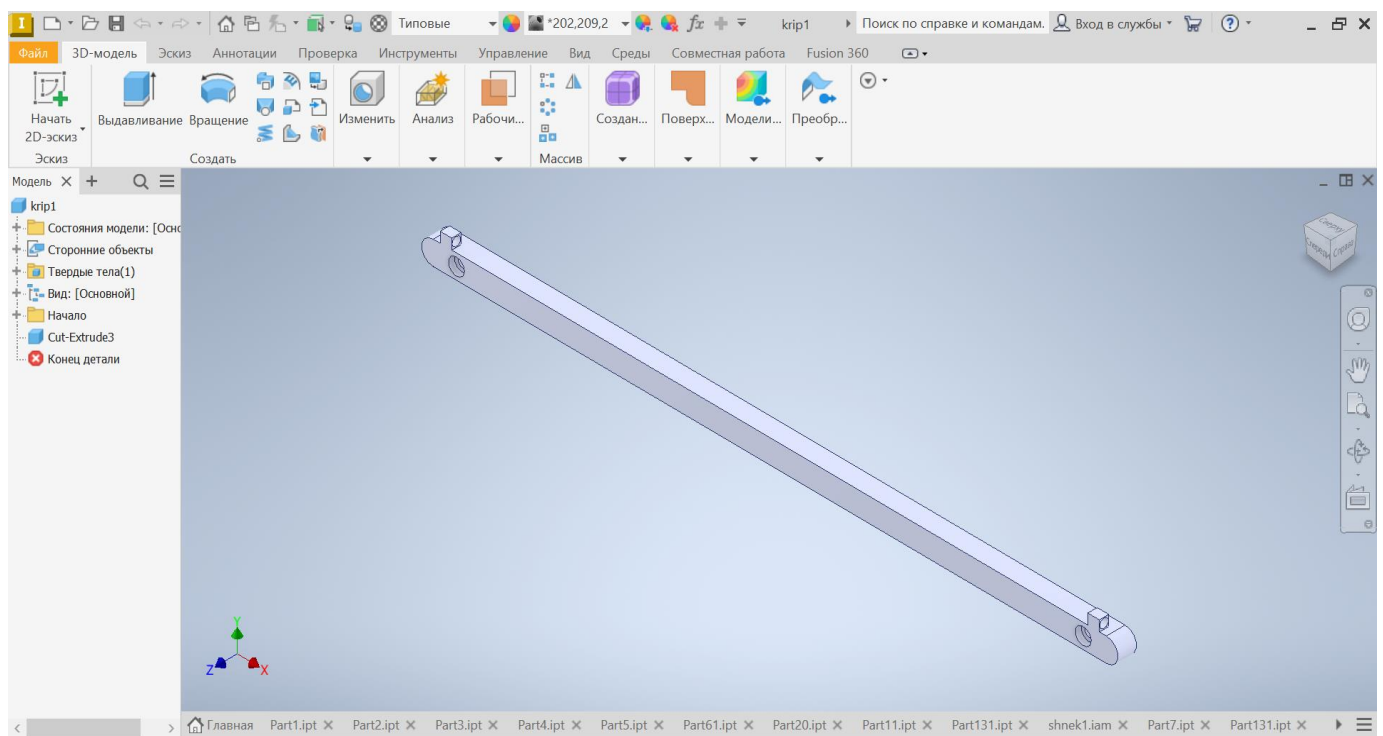


Рис. 4.13 - Планка

Планка

1. Створення деталі (.ipt)

- Файл → Створити → Деталь

2. Побудова базового ескізу планки

- Обираю площину (наприклад XY).

- Створюю прямокутник з розмірами, наприклад:

3. Витягую тіло (Extrude)

- Команда "Видавлювання".

4. Створюю торцеве кріплення

- Вибираю одну з торцевих граней.

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.							

4.2 Збірка основних вузлів

4.2.1 Збірка шнеків

Шнек№1

Створення збірки шнека який складається із 4 деталей: вала, леза, шайби та прокладки для леза.

Кроки побудови збірки в Inventor:

Крок1

Створюю нову збірку (Standard.iam):

1.Завантажую деталь вала, встановлюю її як fixed (основну).

- Далі вставляю по черзі:

- шайбу
- лезо
- прокладку для леза

2.Далі та сама операція тільки без шайби:

- лезо
- прокладка для леза

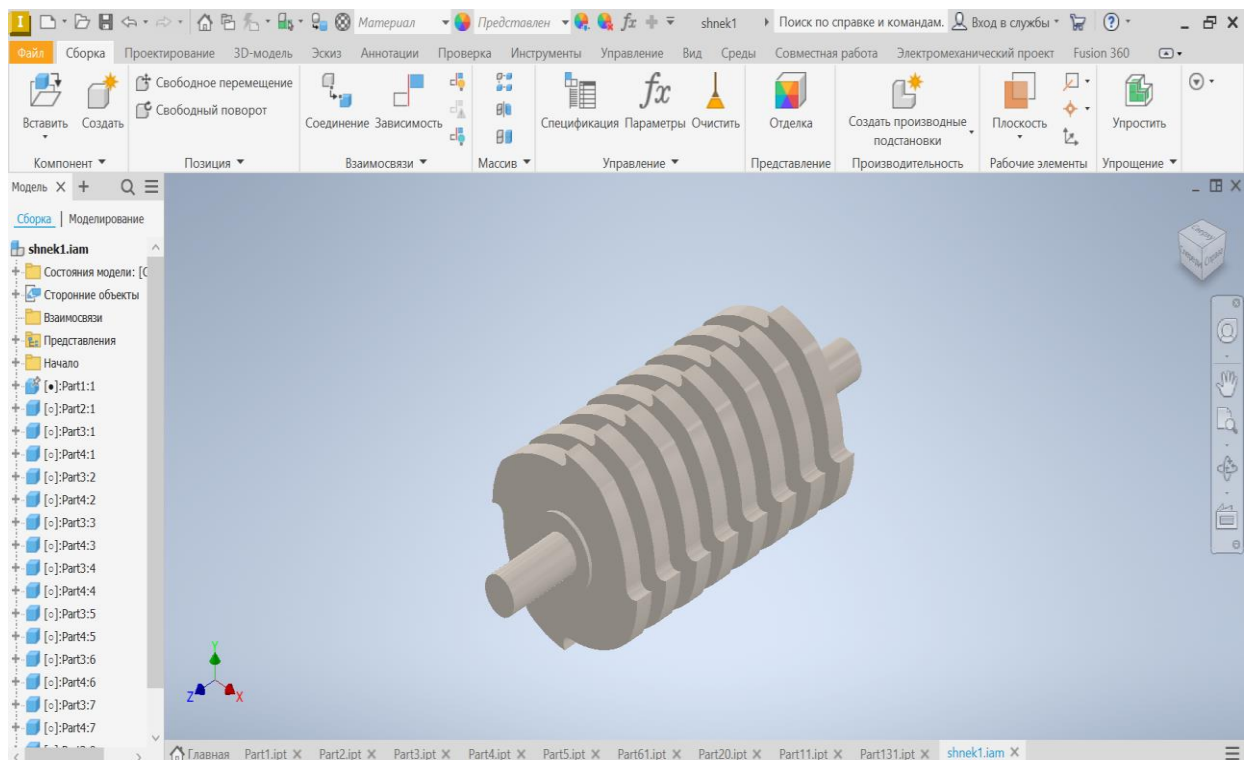


Рис 4.17 - Видяг збірки шнека 1

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.			БР.ПІМІ-67.00.000 ПЗ	

3. В кінці шестикутного вала:

- лезо
- шайба
- прокладка для леза

Крок 2

1. Розміщення (Constraints)

- Використовую основні обмеження (Constrain):
- Insert для центрування по отвору та прилягання;
- Mate – для стикування торців;
- Встановлюю правильний порядок і проміжки між елементами (чергування шайб і прокладок).

2. Кілька однакових деталей:

- Щоб не вставляти вручну всі однакові елементи – використовую Pattern у збірці (наприклад, Rectangular Pattern) для копіювання прокладок і лез уздовж осі вала.

Шнек №2

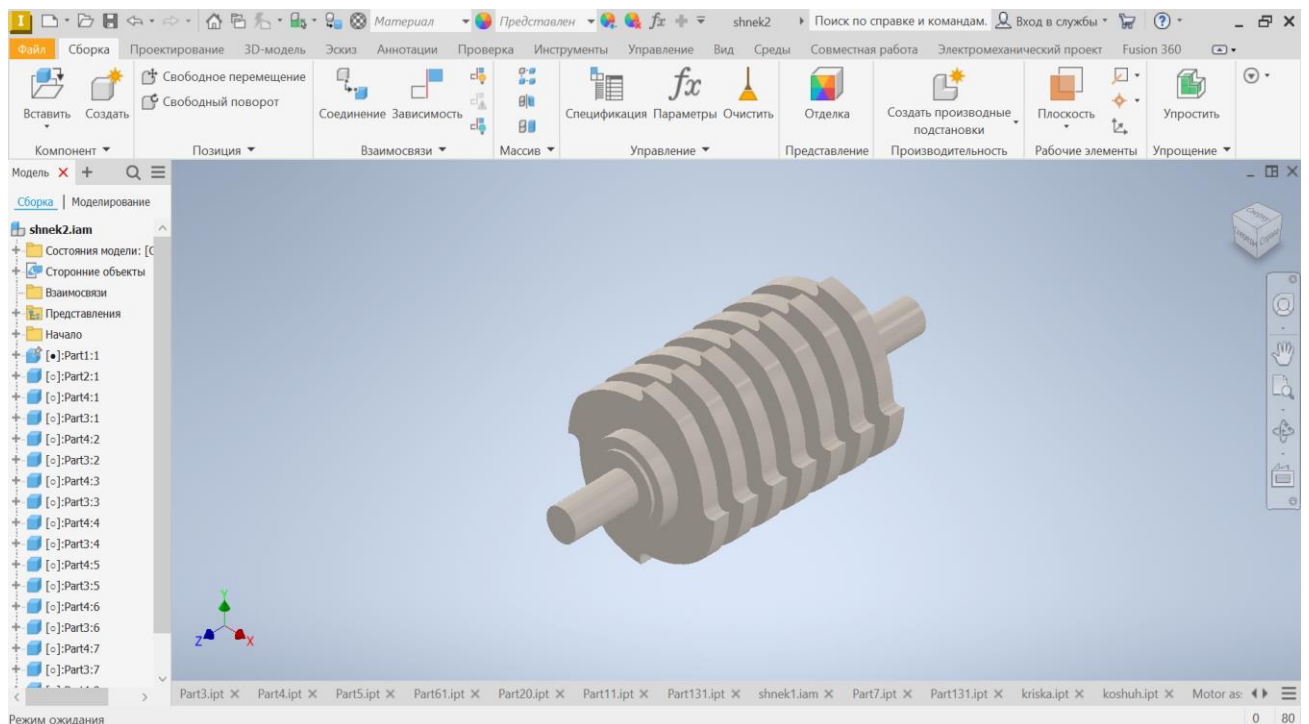


Рис 4.18 - Вигляд збірки шнека 2

Шнек №2 збирається покроково так само але з іншою послідовністю та меншою кількістю ріжучих лез(7), коли у шнеку №1 їх (8).

										Арк.
										66
Змн.	Арк.	№ докум.								

4.2.3 Повна збірка усіх деталей з ланцюговою передачею

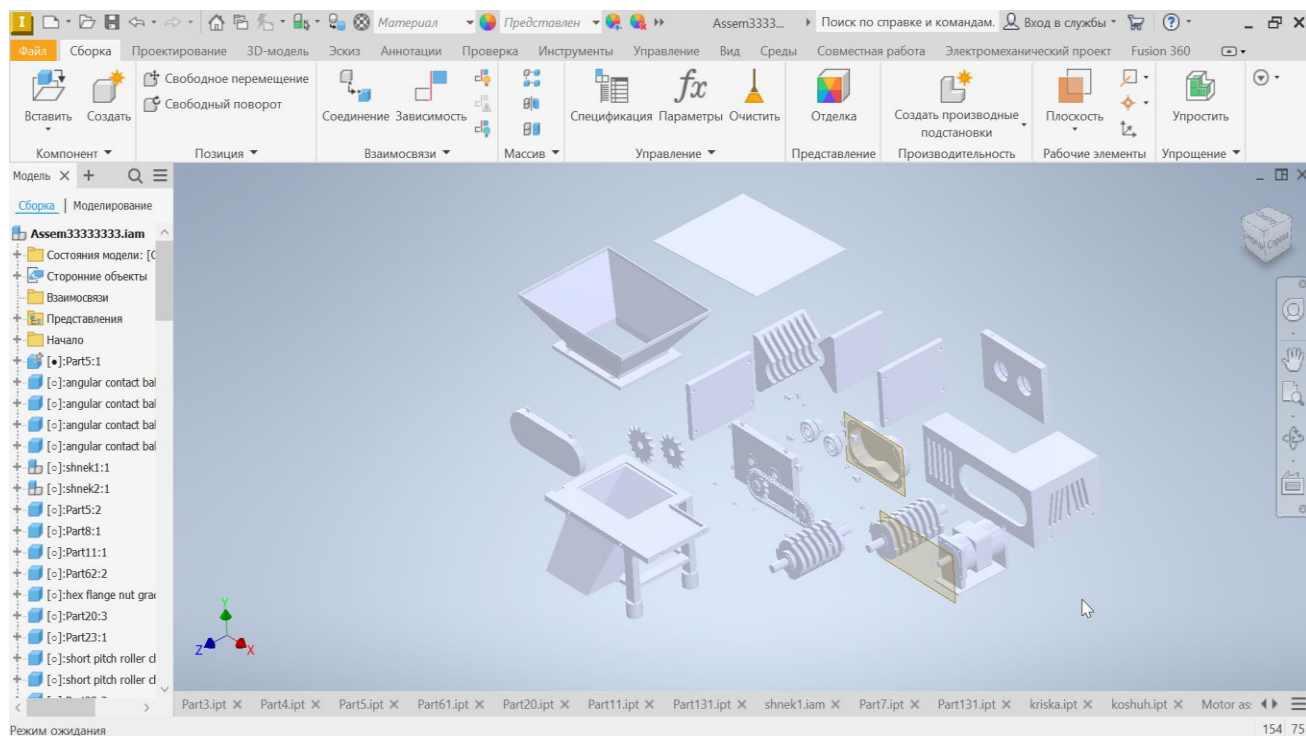


Рис 4.21 - Всі деталі та компоненти збірки

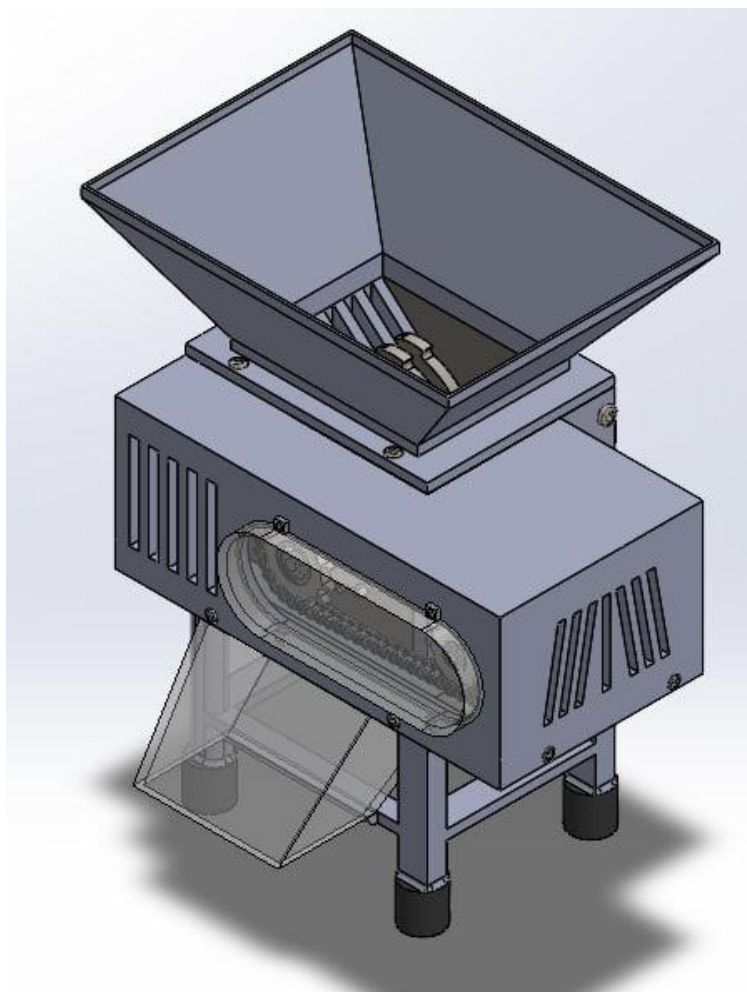


Рис 4.22 - Подрібнювач у зборі

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.							БР.ПІМІ-67.00.000 ПЗ	

4.3 Опис конструкції

4.3.1 Опис конструкції подрібнювача:

1. Завантажувальний бункер (верхня частина)

- Має форму зрізаної піраміди, що полегшує завантаження сировини.
- Направляє відходи до робочої зони з лопатевими ножами.
- Виготовлений з листового металу.
- Призначений для рівномірного подавання сировини до зони подрібнення.

2. Робочий механізм (всередині корпусу)

- У центрі розташовані роторні ножі, які обертаються та подрібнюють сировину.
- Форма ножів схожа на шнекові або роторні фрези.
- Складається з двох валів з чергуванням рухомих та нерухомих ножів (двохвальний механізм).
- Ножі виготовлені з високовуглецевої або легованої сталі.
- Оберткові ножі змонтовані на валах, які синхронізовані редуктором або

передачею.

3. Захисний кожух

- Вкриває привідний механізм (редуктор або двигун).
- Металевий, зварний.
- Має отвори під кріплення двигуна, редуктора, фланців.
- Встановлено на чотири вертикальні стійки, які з'єднані горизонтальними

перемичками.

4. Вивантажувальна полиця

- Призначена для збору подрібненої маси.
- Може бути знімною або змінною.

5. Каркасна рама

- Несуча конструкція, яка забезпечує стійкість.
- У нижній частині передбачена платформа для встановлення двигуна або збирання залишків.
- Забезпечує жорсткість конструкції та стійкість під час роботи.

										Арк.
										69
Змн.	Арк.	№ докум.								

5. Вибір комплектуючих та написання коду

5.1 Підбір компонентів

1. Двигун:

Вибір:

- Модель: MY1020
- Параметри:
- Тип: двигун постійного струму.
- Потужність: 500 Вт.
- Напруга: 24 В.
- Номінальний струм: ~27 А.
- Швидкість обертання: ~3000 об/хв.



Рис 5.1 - Двигун MY1020

Цей двигун добре підходить для подрібнювачів і поширений у саморобних електричних пристроях.

2. Драйвер двигуна:

Вибір:

- Модель: MDS60A DC Motor Driver.
- Параметри:
- Напруга: 10–55 В.

										Арк.
										71
Змн.	Арк.	№ докум.								

- Максимальний струм: до 60 А (пік), 30 А постійний.
- Керування: PWM 0–5 В, вхід напрямку DIR.

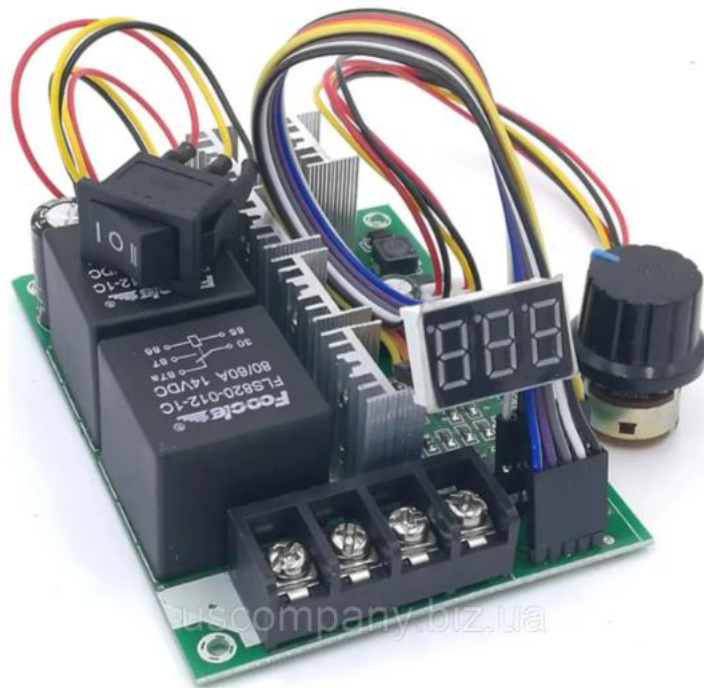


Рис 5.2 - Драйвер MDS60A DC

Може працювати від Arduino напряму через PWM та DIR сигнали.

3.Контролер:

Вибір:

- Модель: Arduino Uno R3.



Змн.	Арк.	№ докум.		

Рис 5.3 - Контролер Arduino Uno R3

Надійний, простий у програмуванні, достатньо I/O для нашого завдання.

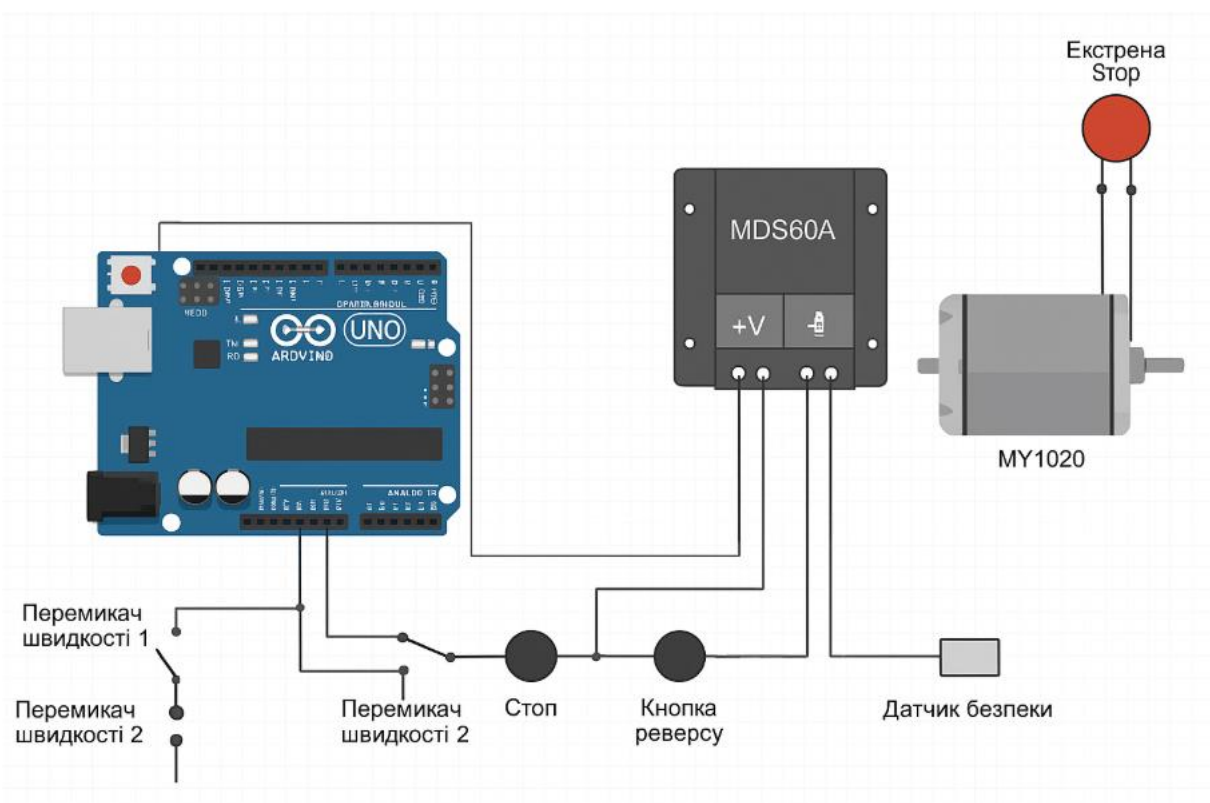


Рис 5.4 - Схема електронного керування

Таблиця 5.1 - Схема підключення:

Arduino	Драйвер: MDS60A
Pin 9	PWM швидкість
Pin 8	DIR Напрямок\Активация
GND	GND

Таблиця 5.2 - Підсумковий вибір:

Компонент	Модель/Тип
Двигун	MY1020 (24V, 500W, 27A)
Драйвер двигуна	MDS60A (10–55V, до 60A)
Контролер	Arduino Uno R3
Живлення двигуна 24 V	блок живлення $\geq 30A$


```

stopMotor();
}

void loop() {
    // Екстрена кнопка Stop має найвищий пріоритет
    if (digitalRead(emergencyStop) == LOW) {
        isRunning = false;
        stopMotor();
        return; // Виходимо з loop для безпеки
    }

    // Кнопка Старт
    if (digitalRead(startButton) == LOW) {
        isRunning = true;
        delay(300); // Антидребезг
    }

    // Кнопка Стоп
    if (digitalRead(stopButton) == LOW) {
        isRunning = false;
        stopMotor();
        delay(300); // Антидребезг
    }

    // Кнопка реверсу
    if (digitalRead(reverseButton) == LOW) {
        isReversed = !isReversed; // Зміна напрямку
        delay(300); // Антидребезг
    }

    // Зчитування швидкості

```

										Арк.
										76
Змн.	Арк.	№ докум.								


```
    pwmValue = 170;
    break;
case 3:

    pwmValue = 255;
    break;
}
runMotor(pwmValue, isReversed);
}
}

// Запуск двигуна з реверсом
void runMotor(int pwmValue, bool reverse) {
    digitalWrite(dirPin, reverse ? LOW : HIGH); // LOW = реверс, HIGH = вперед
    analogWrite(pwmPin, pwmValue);
}

// Зупинка двигуна
void stopMotor() {
    analogWrite(pwmPin, 0);
    digitalWrite(dirPin, LOW); // Двигун не обертається
}
```

										Арк.
										78
Змн.	Арк.	№ докум.								

ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської роботи було досліджено проблему утилізації харчових відходів та обґрунтовано доцільність використання подрібнювачів як одного з ефективних засобів її вирішення. Проведено аналіз сучасного стану питання, зокрема вивчено класифікацію харчових відходів, особливості їх фізико-механічних властивостей, а також проаналізовано сучасні типи подрібнювачів, їх будову, принципи роботи та класифікацію. Було розглянуто типові конструкції подрібнювачів з точки зору ефективності, надійності та економічної доцільності. З урахуванням виявлених переваг і недоліків існуючих систем обґрунтовано вибір конструкції та принципу дії майбутнього пристрою.

У проектній частині роботи виконано конструювання подрібнювача харчових відходів, що включало вибір приводу, розрахунок основних параметрів (потужність, оберти, продуктивність), підбір матеріалів і комплектуючих, а також створення повної 3D-моделі в середовищі Autodesk Inventor. Розроблено креслення деталей і складальних одиниць.

Також здійснено вибір компонентів для автоматизованого керування, розроблено логіку функціонування пристрою, написано програмний код для автоматизації процесу подрібнення. Це дозволяє інтегрувати розробку в сучасні «розумні» системи або забезпечити автономну роботу пристрою.

Таким чином, результати роботи повністю відповідають поставленим цілям і завданням. Розроблена конструкція подрібнювача харчових відходів є технологічно доцільною, функціонально ефективною та може бути використана як основа для створення побутових або малопромислових систем утилізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Подрібнювачі харчових відходів ALGO. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://algo.ua/ua/izmelchitel-pishhevih-othodov>
2. InSinkErator Evolution 200 — Food Waste Disposer. Technical Data Sheet. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.insinkerator.com/documents/evolution-200-food-waste-disposer-en-29040.pdf>
3. Franke Turbo Elite TE-125. Product Specification Sheet. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.franke.com/product-sheet/fks-ie-b2b/products/134.0473.236/specreport>
4. Есоролімер. Подрібнювач харчових відходів EZ20. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://esorolymer.com.ua/ru/ez20/>
5. Ревенко В.І. Машини та обладнання для тваринництва. — Київ: НУБіП України, 2012. — Розділ 3.2. — С. 55–60.
6. Ревенко В.І. Машини та обладнання для тваринництва. — Київ: НУБіП України, 2012.
7. Мартинюк А.І., Поддубний В.Ф. Технологічне обладнання для переробки відходів. — Київ: КНУТД, 2017.
8. Design and Development of Organic Waste Shredding Machine // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). — Vol. 9, Issue 06. — June 2020.
9. Lecture Notes – "Mechanical Design of Machine Elements". — Technical University of Munich.
10. MechStuff. How Twin-Shaft Industrial Shredder Works [Відео]. — YouTube.
11. US Patent US6340117B1 – Two-Shaft Shredder for Waste Processing. — United States Patent Office.
12. PostHarvest Technologies. The Top Food Loss and Waste Statistics of 2022.
13. UN Climate Change News. Food loss and waste account for 8–10 % of global GHG emissions. — 30 вересня 2024.
14. The Importance of Waste Management to Environmental Sanitation: A Review // ResearchGate.

									Арк.
									80
Змн.	Арк.	№ докум.							

15. Accord Group. Подрібнювачі харчових відходів зручно та екологічно // A-G.ua.
16. Leomikao. Подрібнювачі харчових відходів: переваги та недоліки.
17. Franklin Miller Inc. TASKMASTER® Food Waste Shredders. — <https://franklinmiller.com>
18. Abhay Katiyar. Design and Construction of a Shredding Machine for Recycling and Management of Organic Waste // International Journal of Trend in Scientific Research and Development.
19. Gardening Know How. Does Cutting Scraps Help Compost? — <https://www.gardeningknowhow.com>
20. The Blue Worm Bin. Feeding Worms — The Pros and Cons of Grinding. — <https://thebluwormbin.com>
21. Franklin Miller. The Importance of Industrial Shredders in Food Waste Processing. — <https://franklinmiller.com>
22. Autodesk Learn Portal. Parametric Modeling. — <https://learn.autodesk.com>
23. Autodesk University. iLogic Fundamentals. — <https://www.autodesk.com/university>
24. KETIV Technologies. Inventor Nastran FEA Feature Page. — <https://ketiv.com>
25. Autodesk Fusion. Generative Design. — <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>
26. Westa.ua. Марки сталей (стандарти). — <https://westa.kiev.ua/ru/standarty/marki-stali/stal>

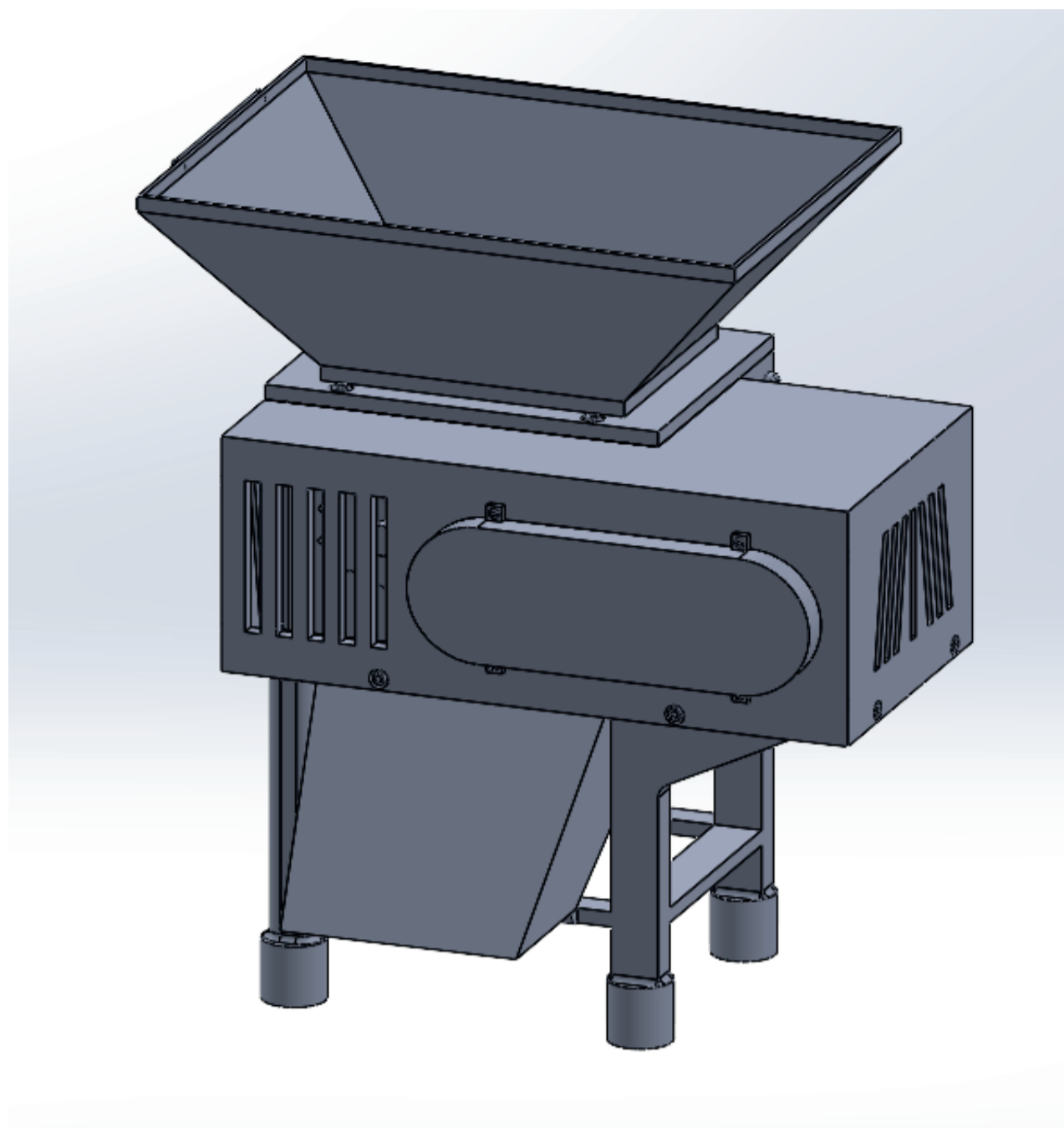


Рис 1.

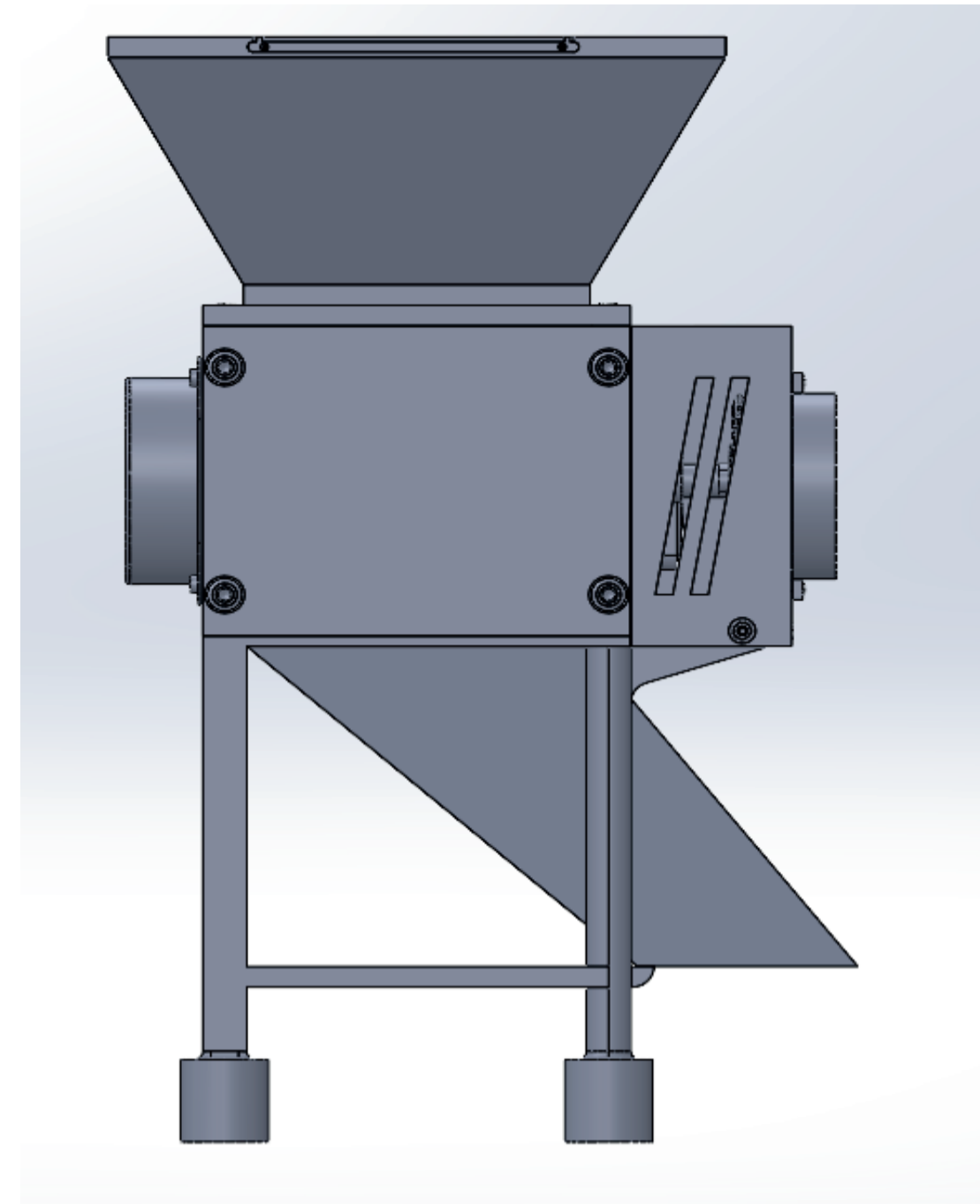


Рис 2.

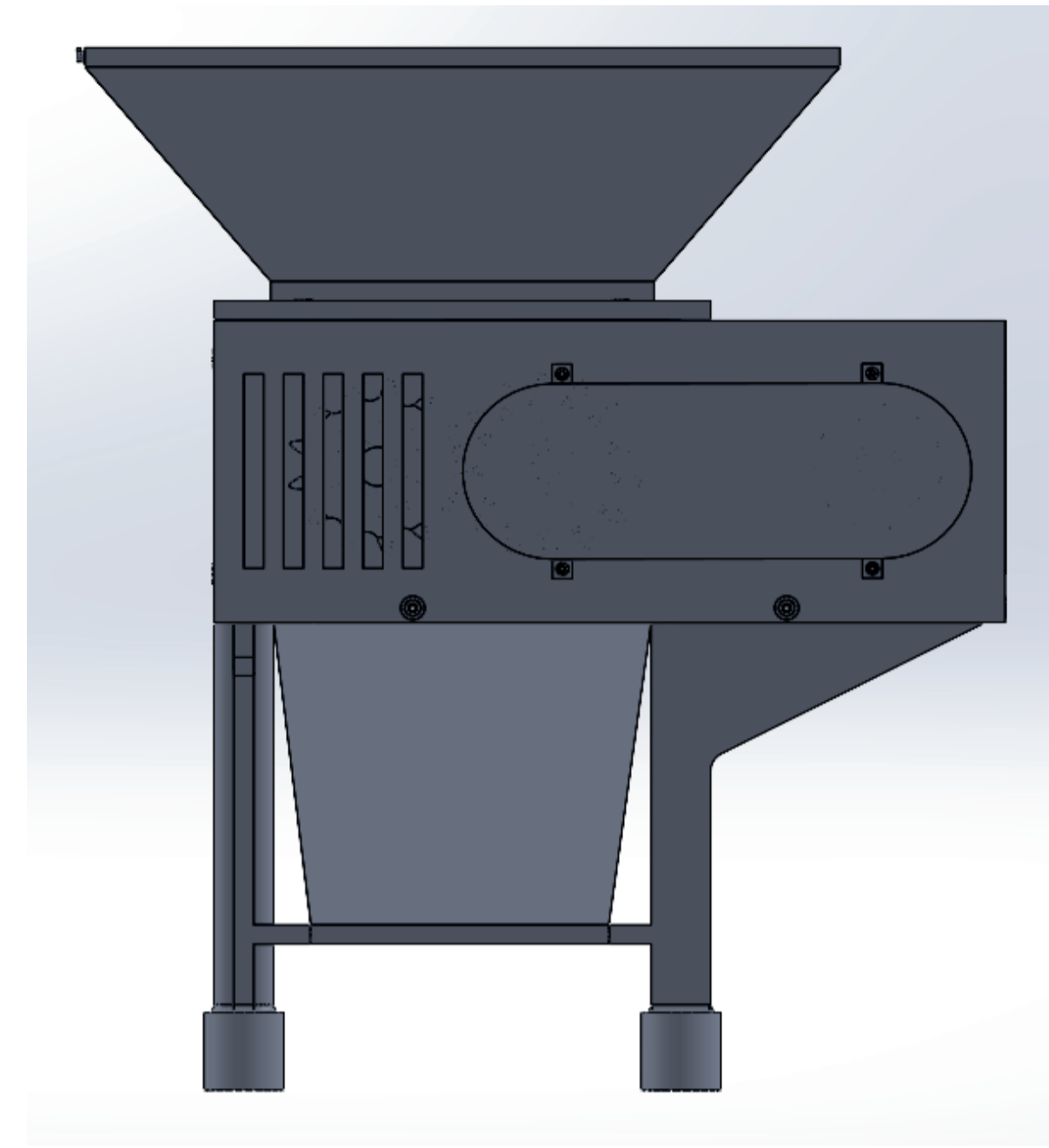


Рис 3.

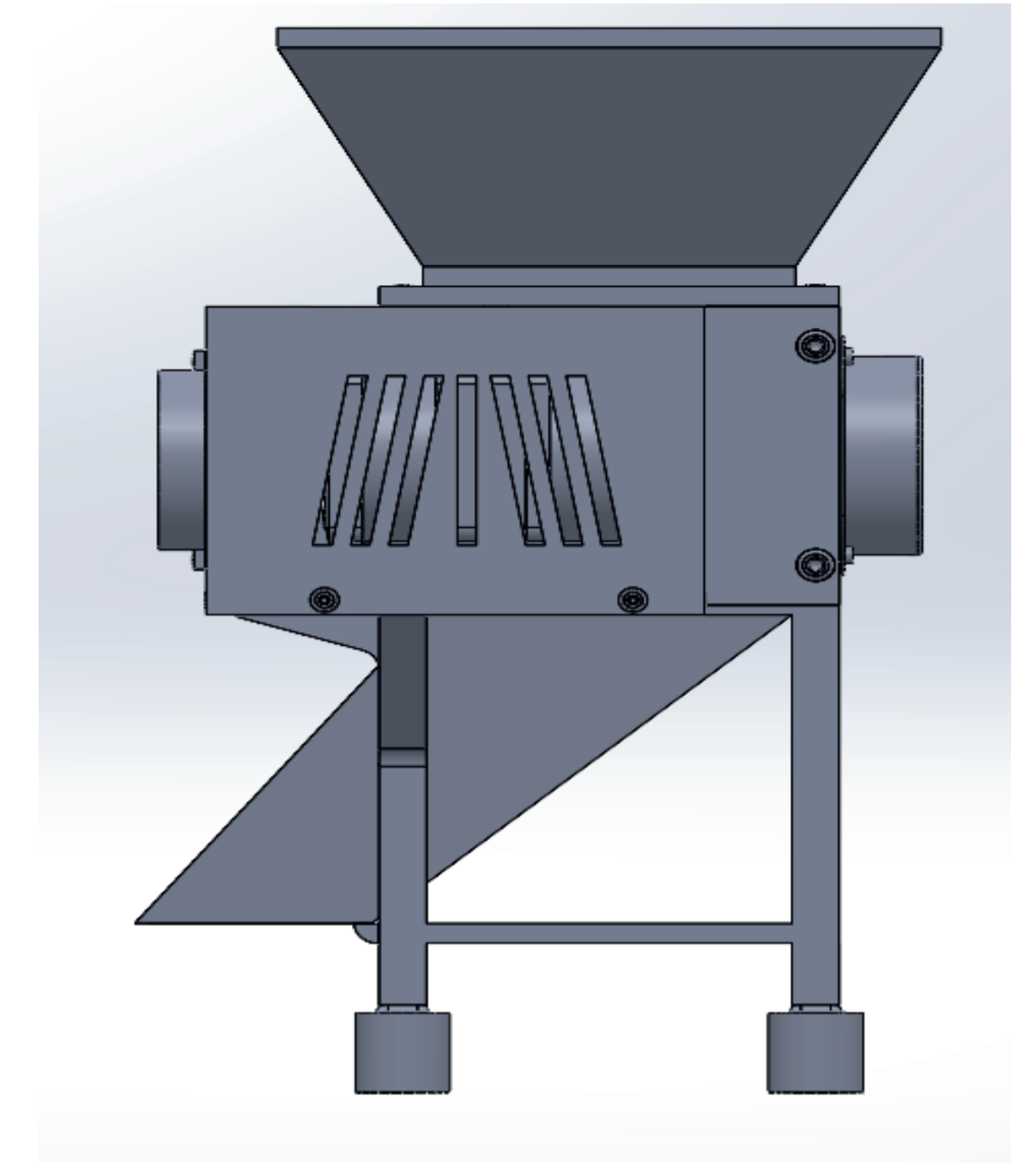


Рис 4.

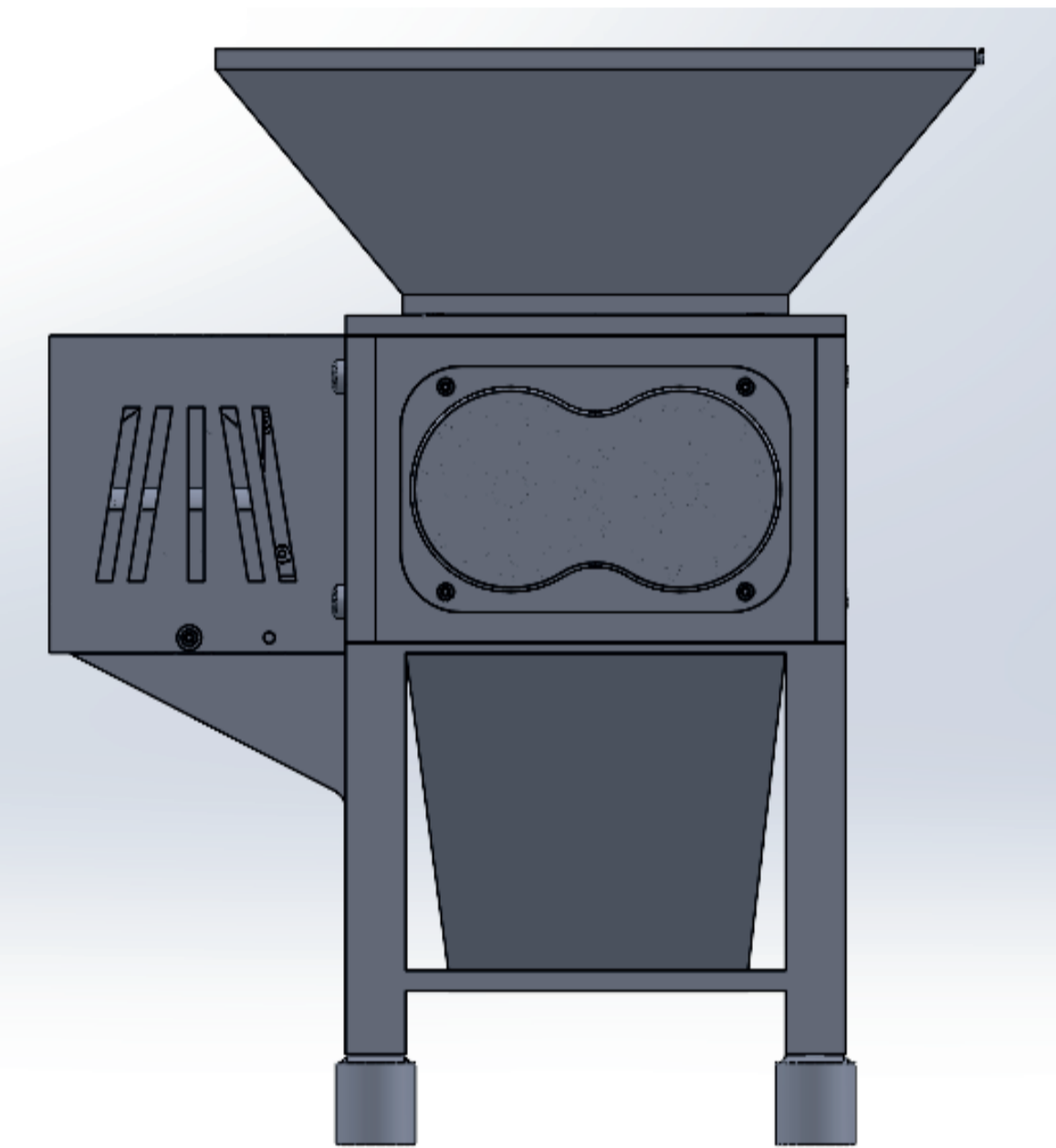


Рис 5.

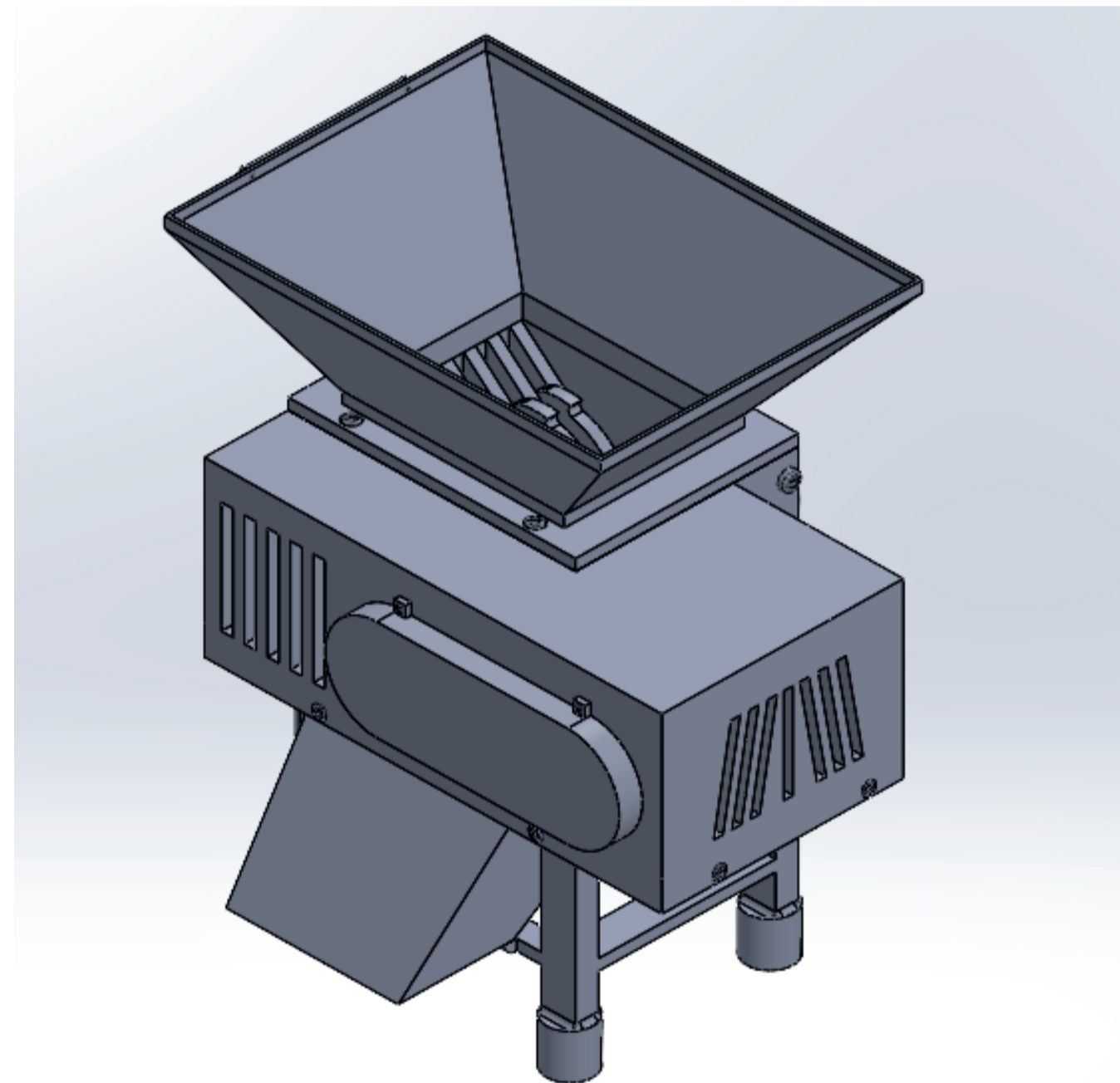
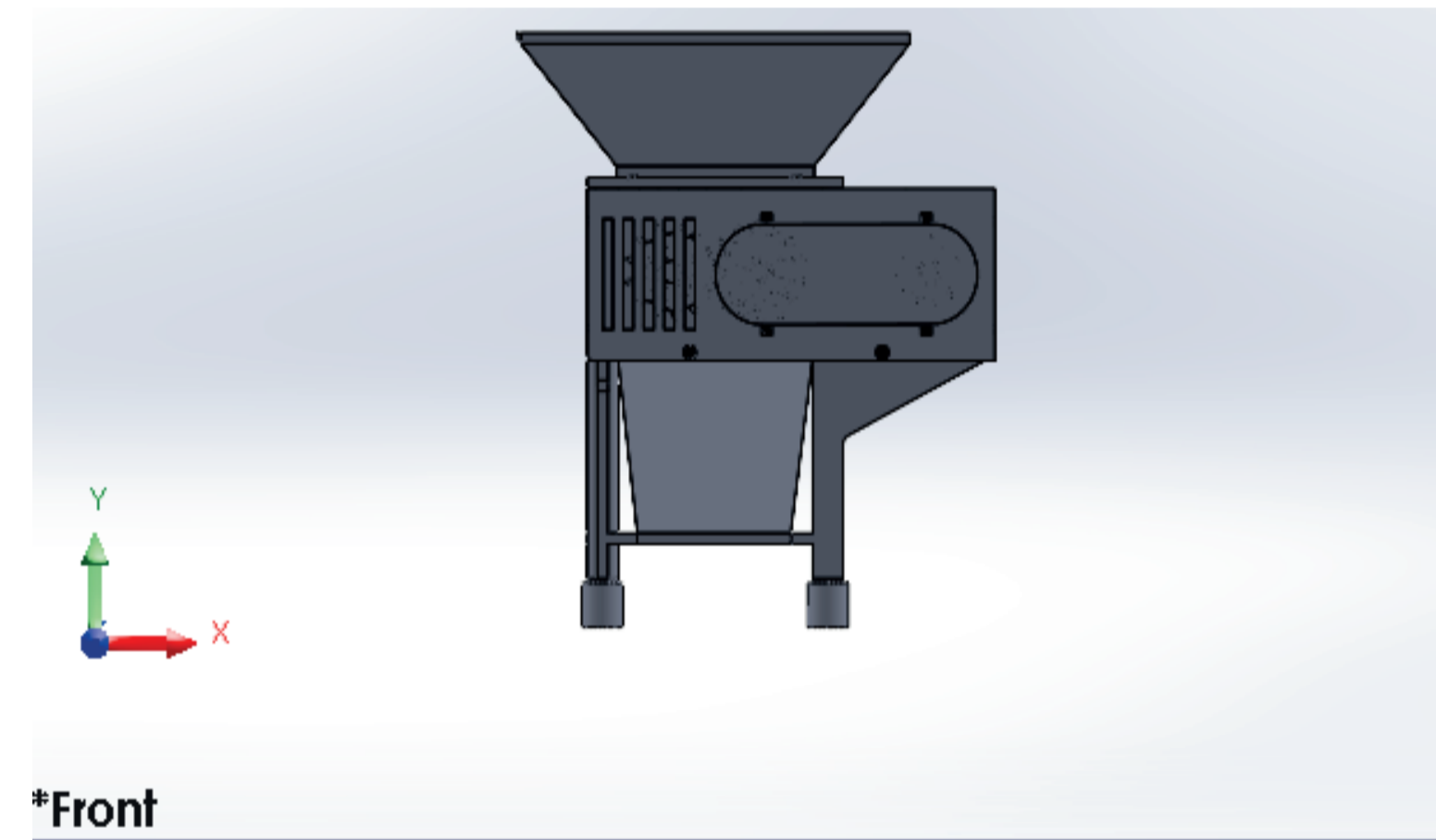
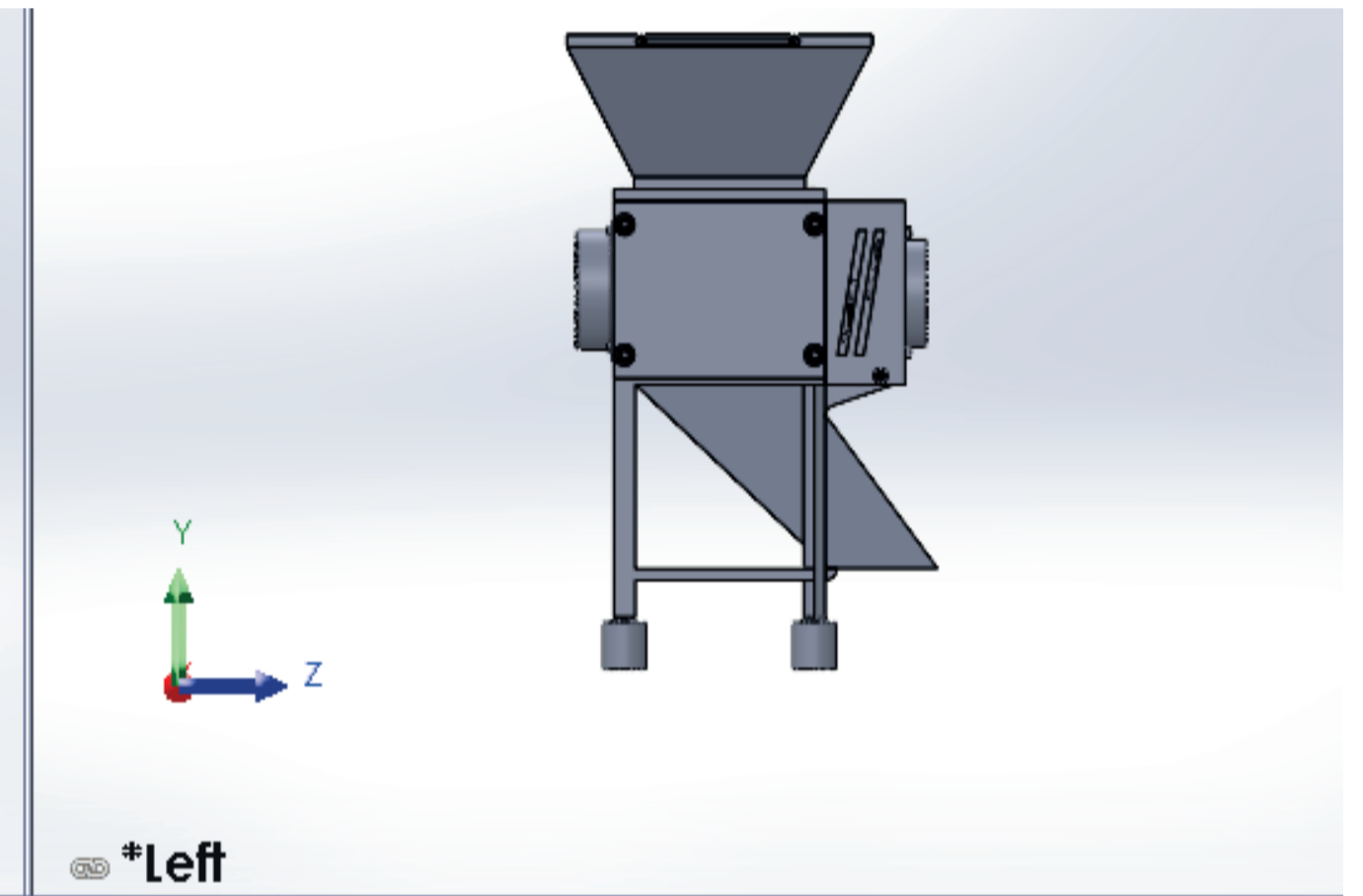


Рис 6.



*Front



*Left

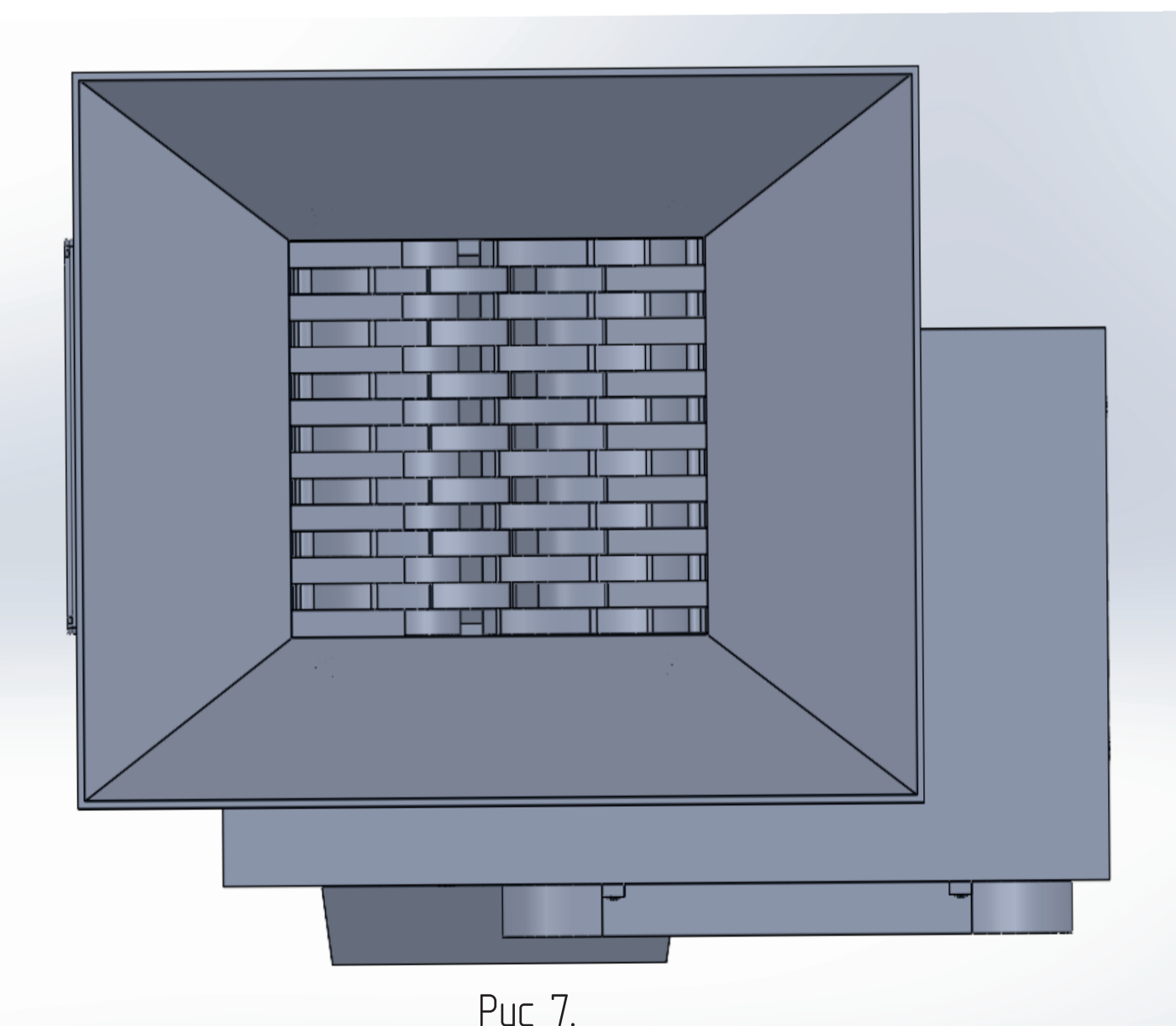


Рис 7.

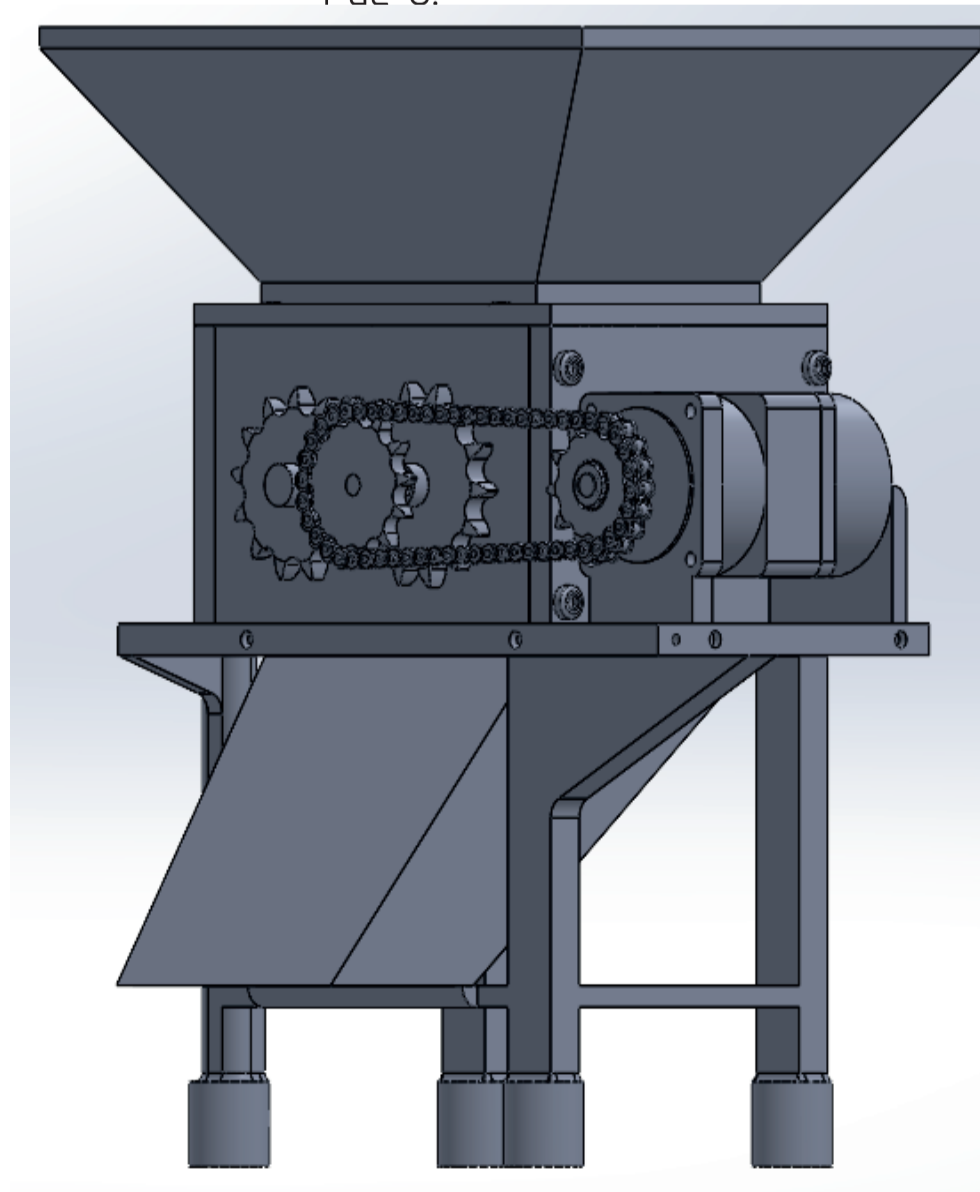
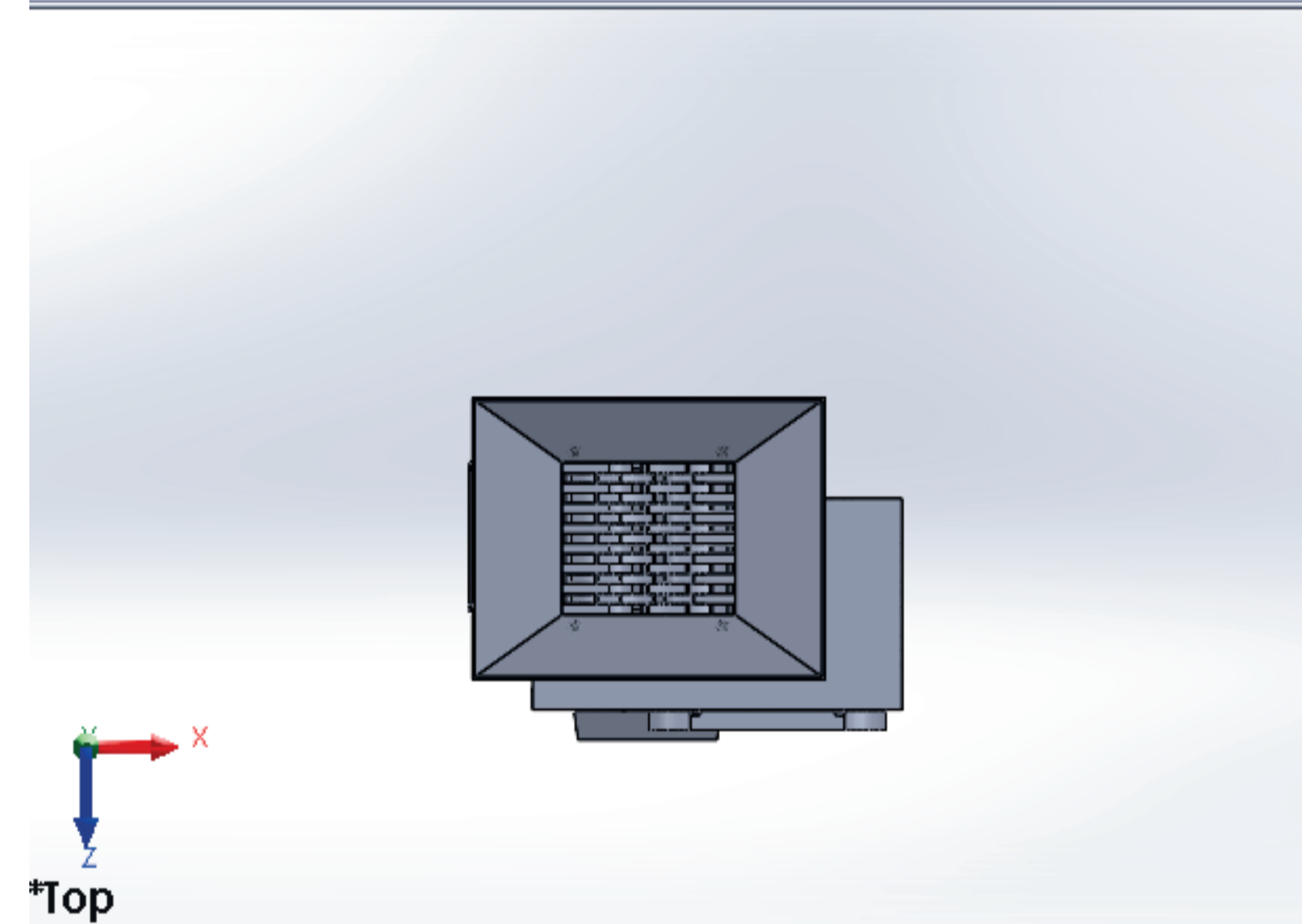
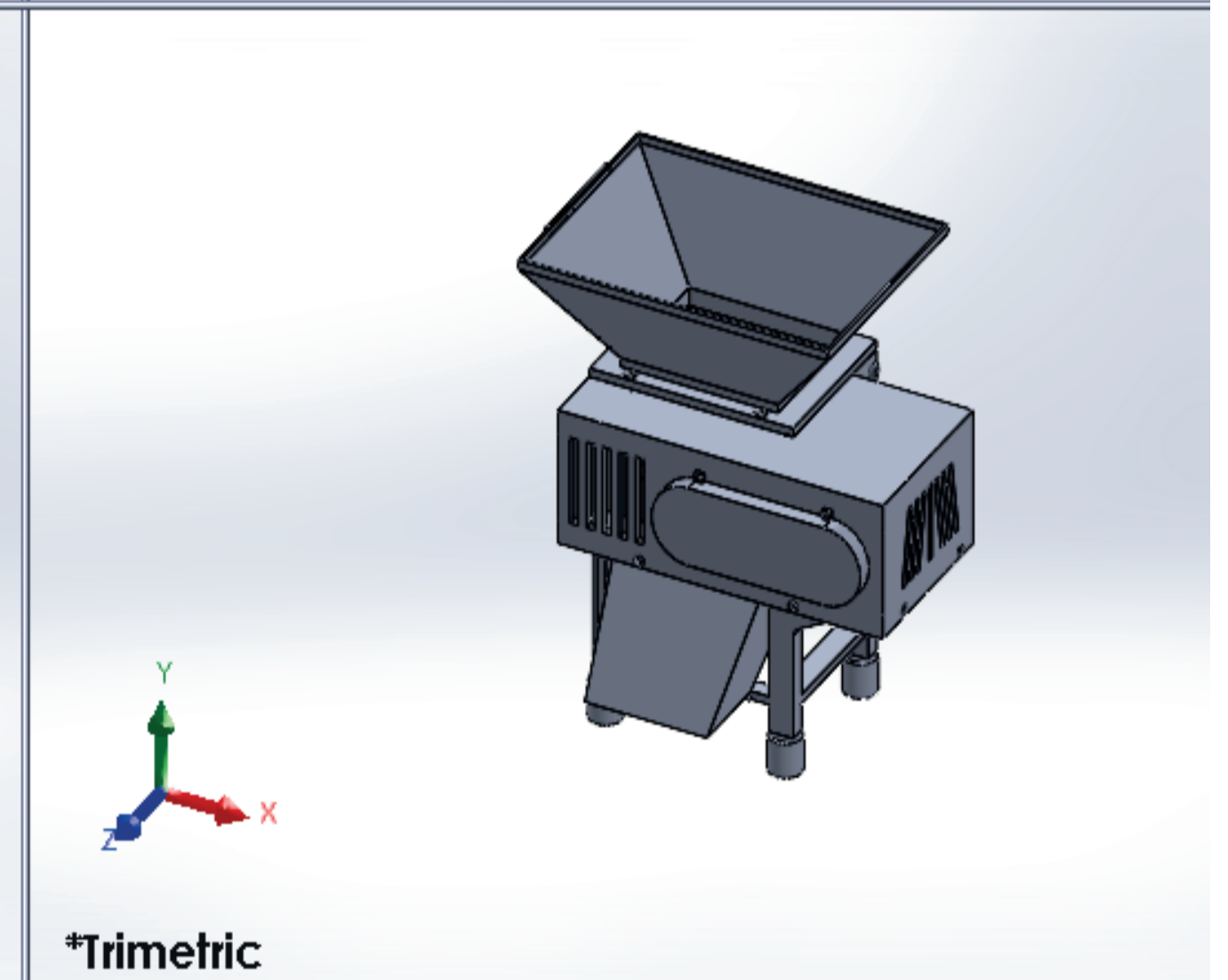


Рис 8.



*Top



*Trimetric

Рис 9.

				БР.ПМІ-67.00.001		
Ізм./Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Збірка і вигляд подріднювача побутових відходів		
Разраб.	Романів М.Р.					
Проб.	Врюкало В.В.					
Т. Контр.						
Н. Контр.				ПМІ-21-1		
Утв.						
				Лист	Масштаб	Масштаб
				Лист	Листов	

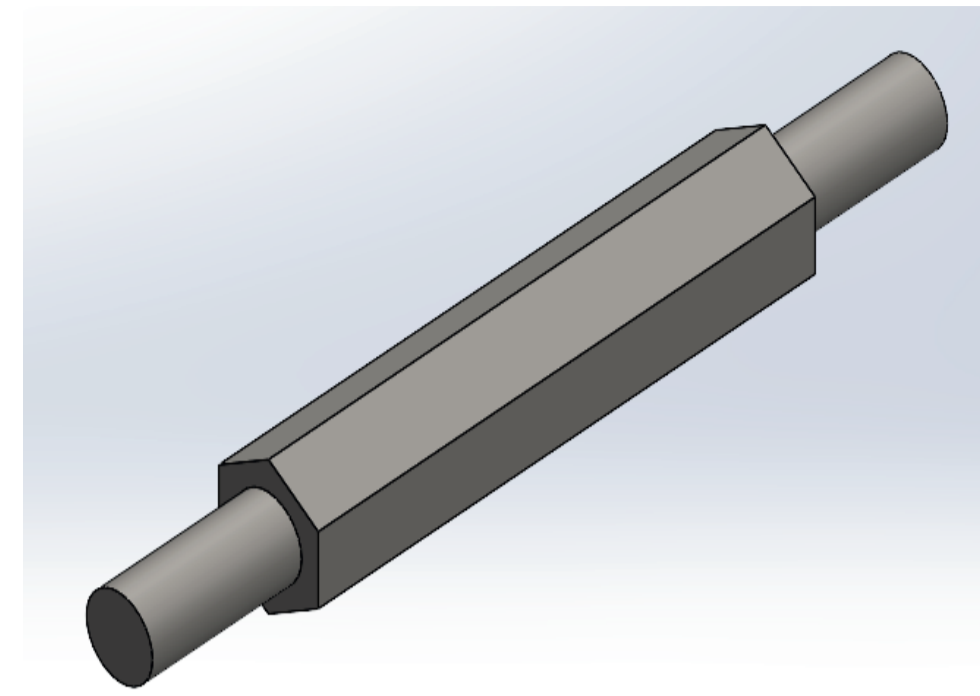


Рис 1. Вал

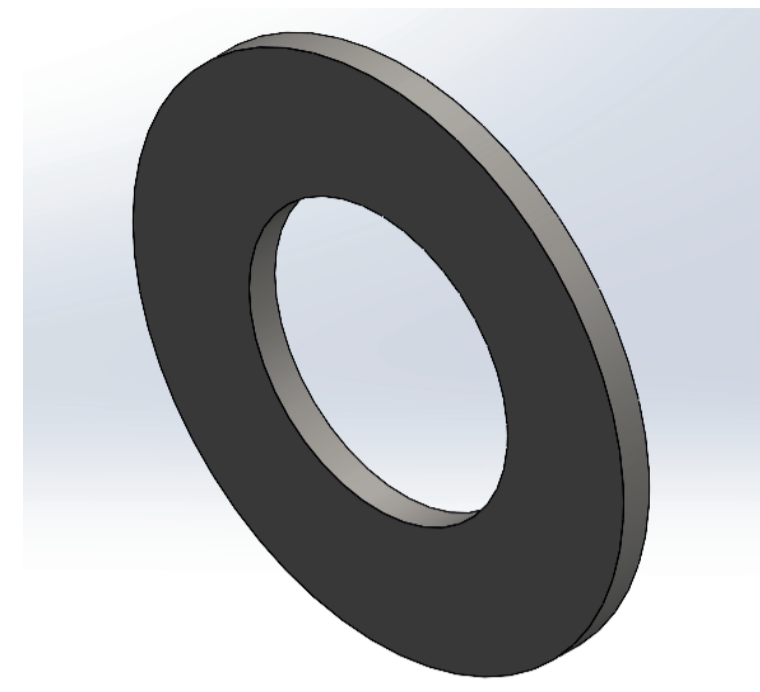


Рис 2. Шайба

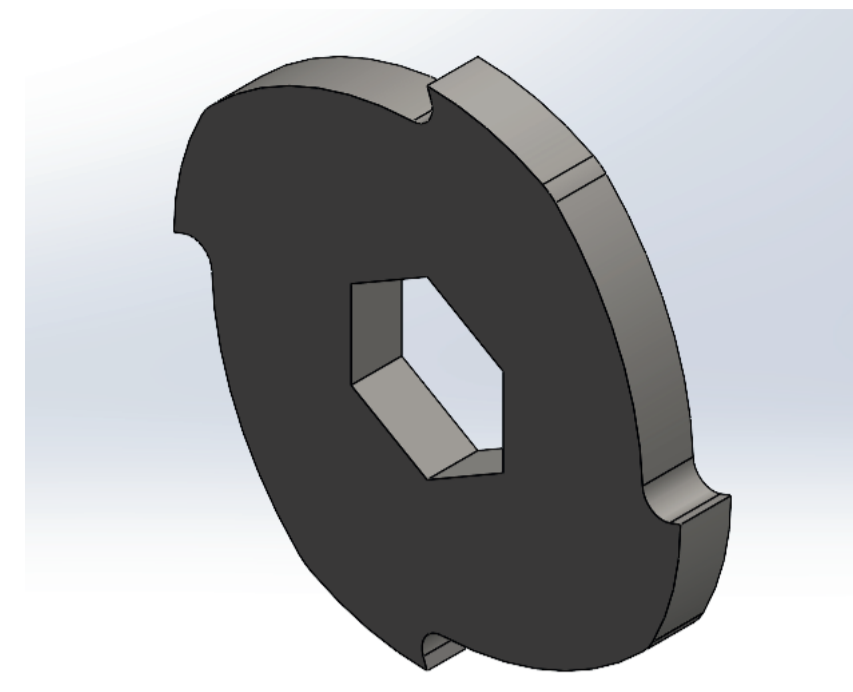


Рис 3. Лезо

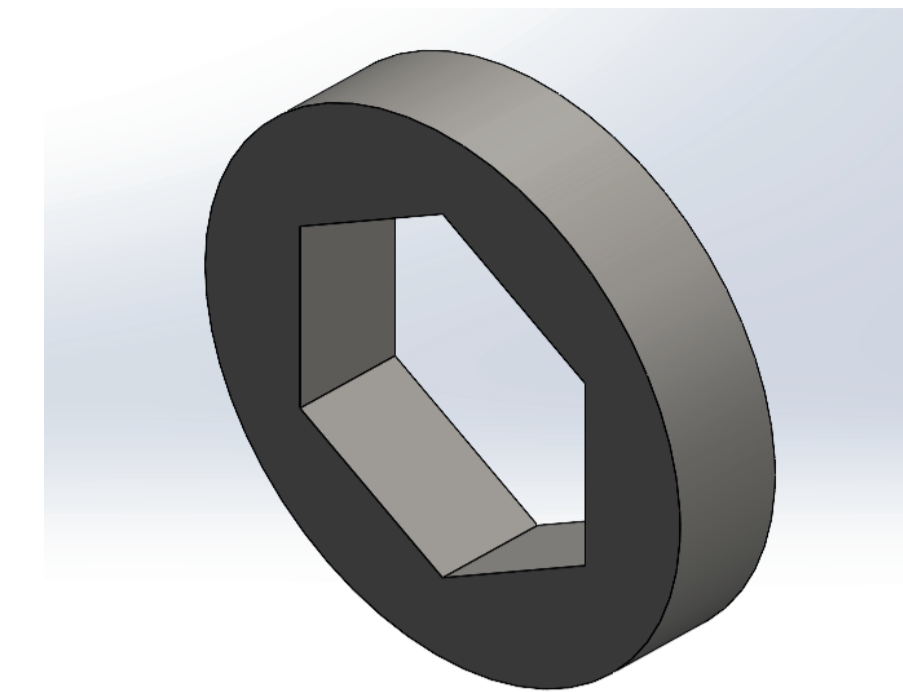


Рис 4. Прокладка леза

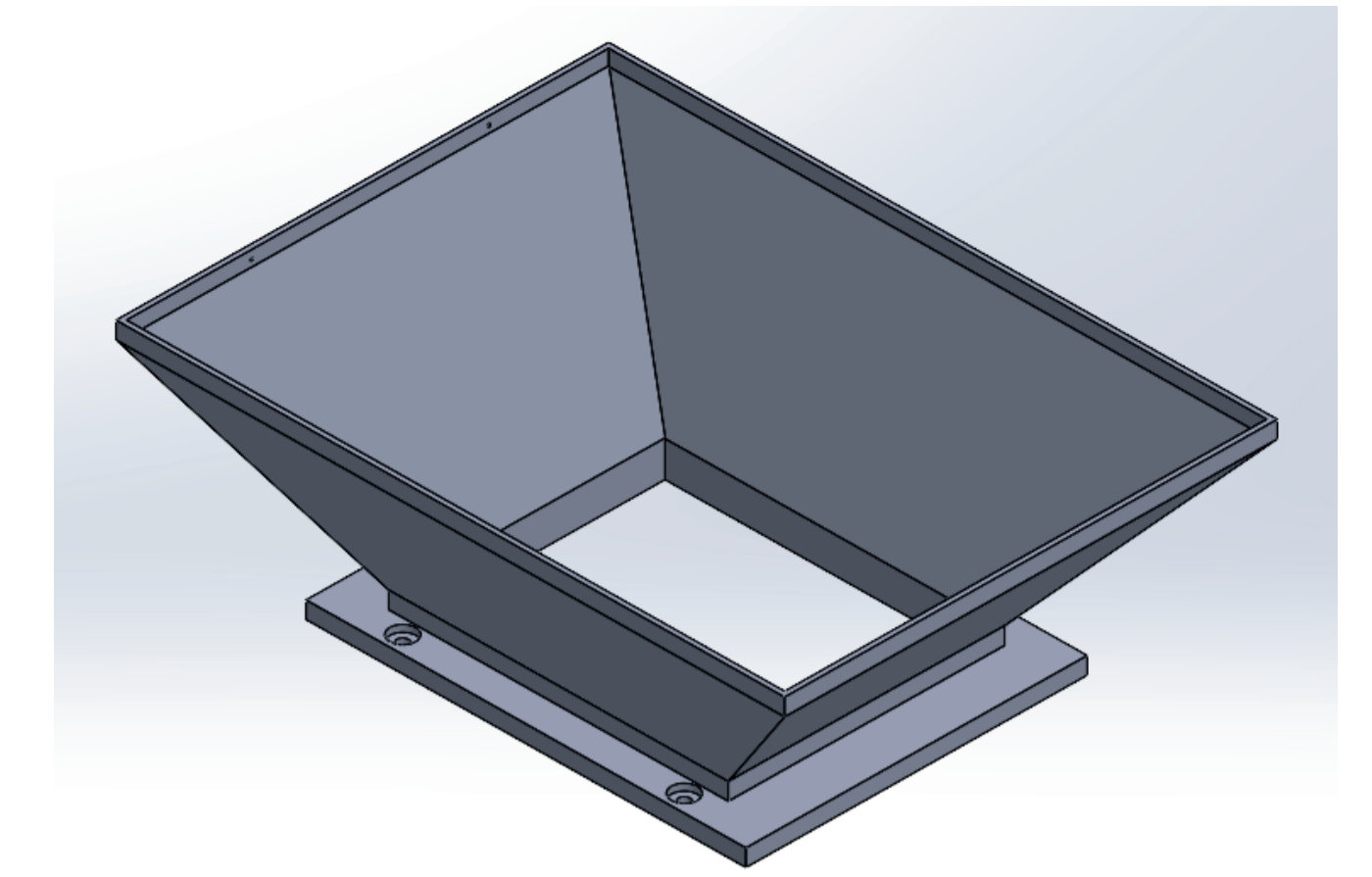


Рис 5. Канал подачі

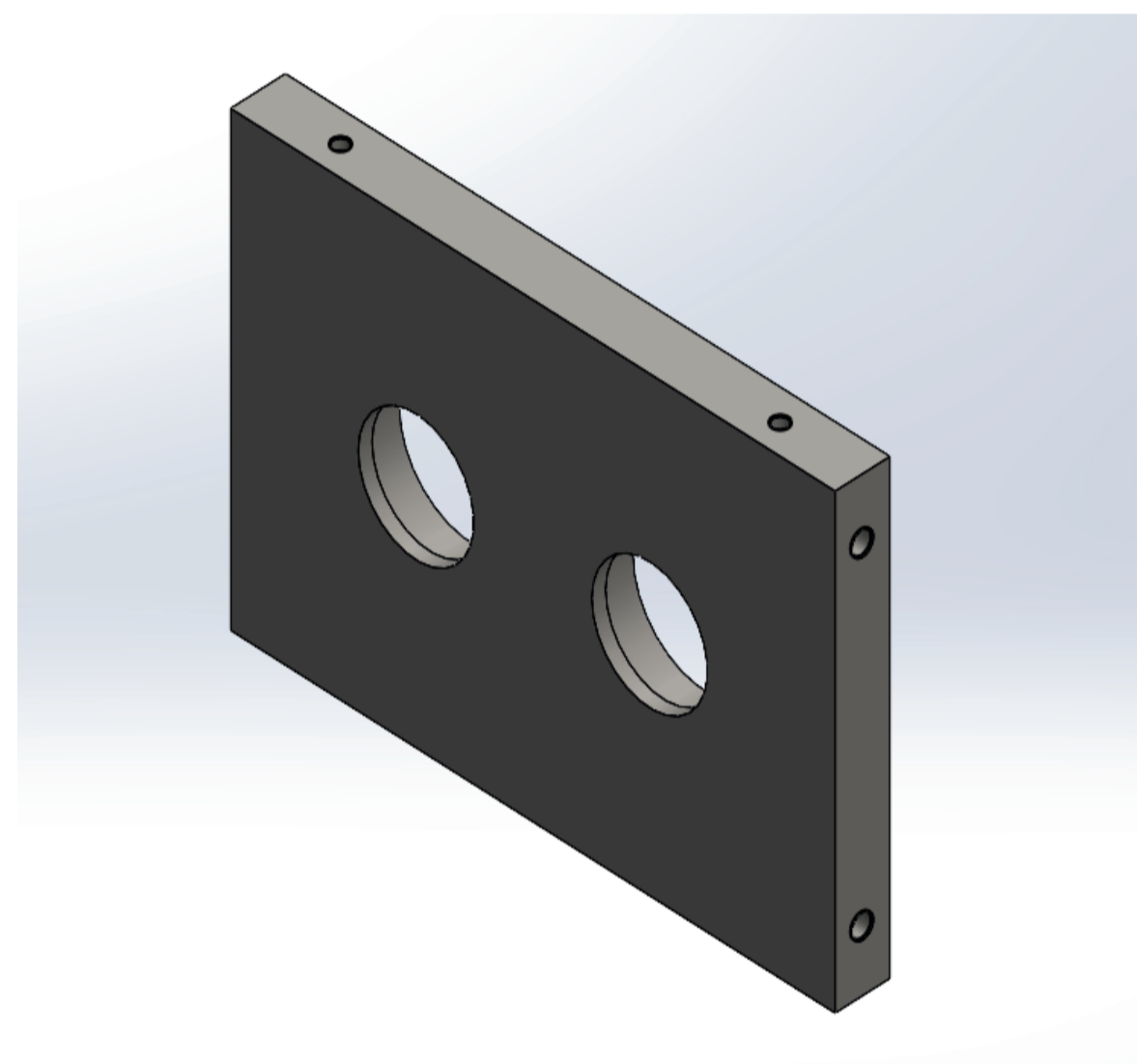


Рис 6. Передній та задній корпус

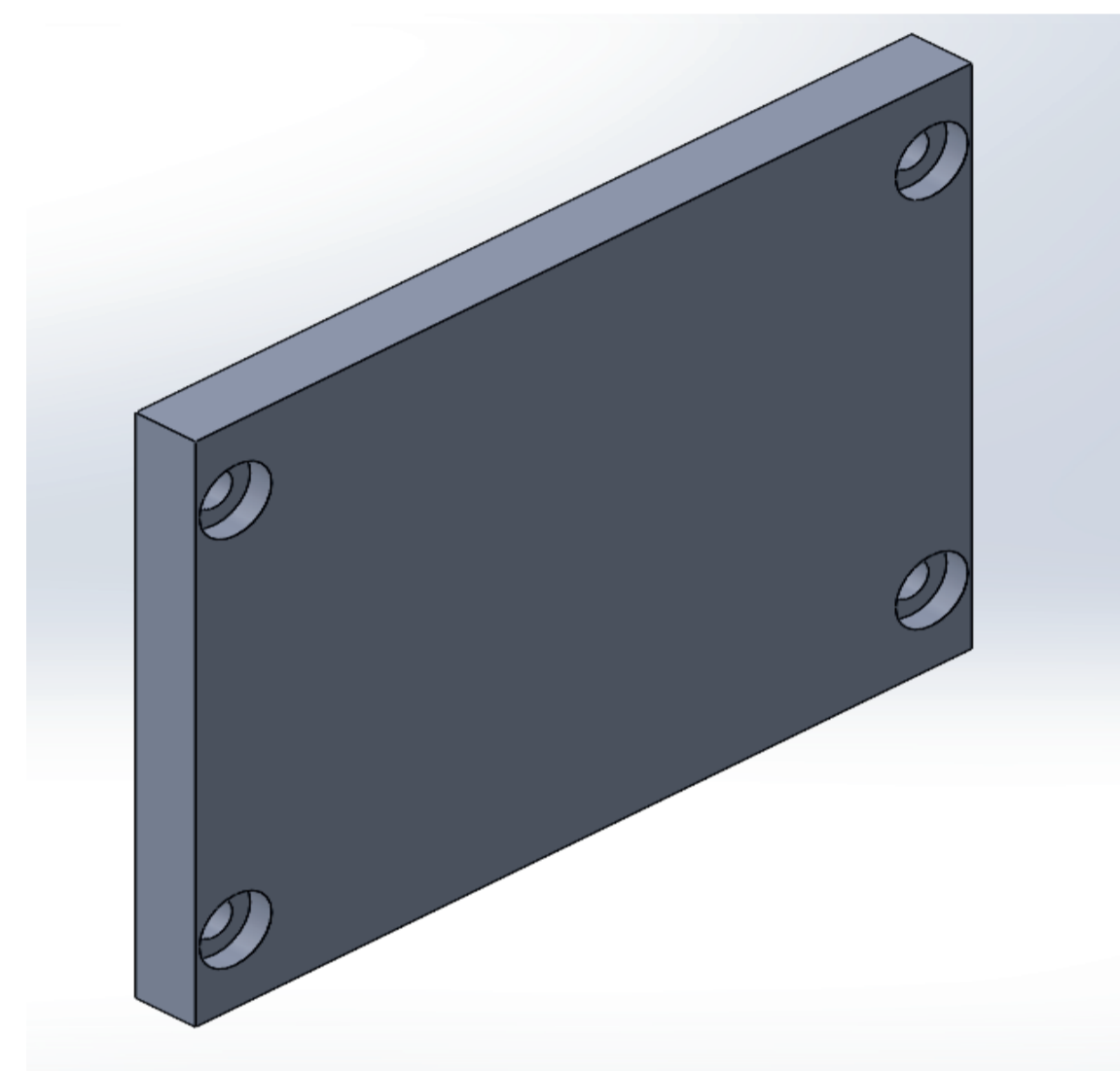


Рис 7. Бічний корпус

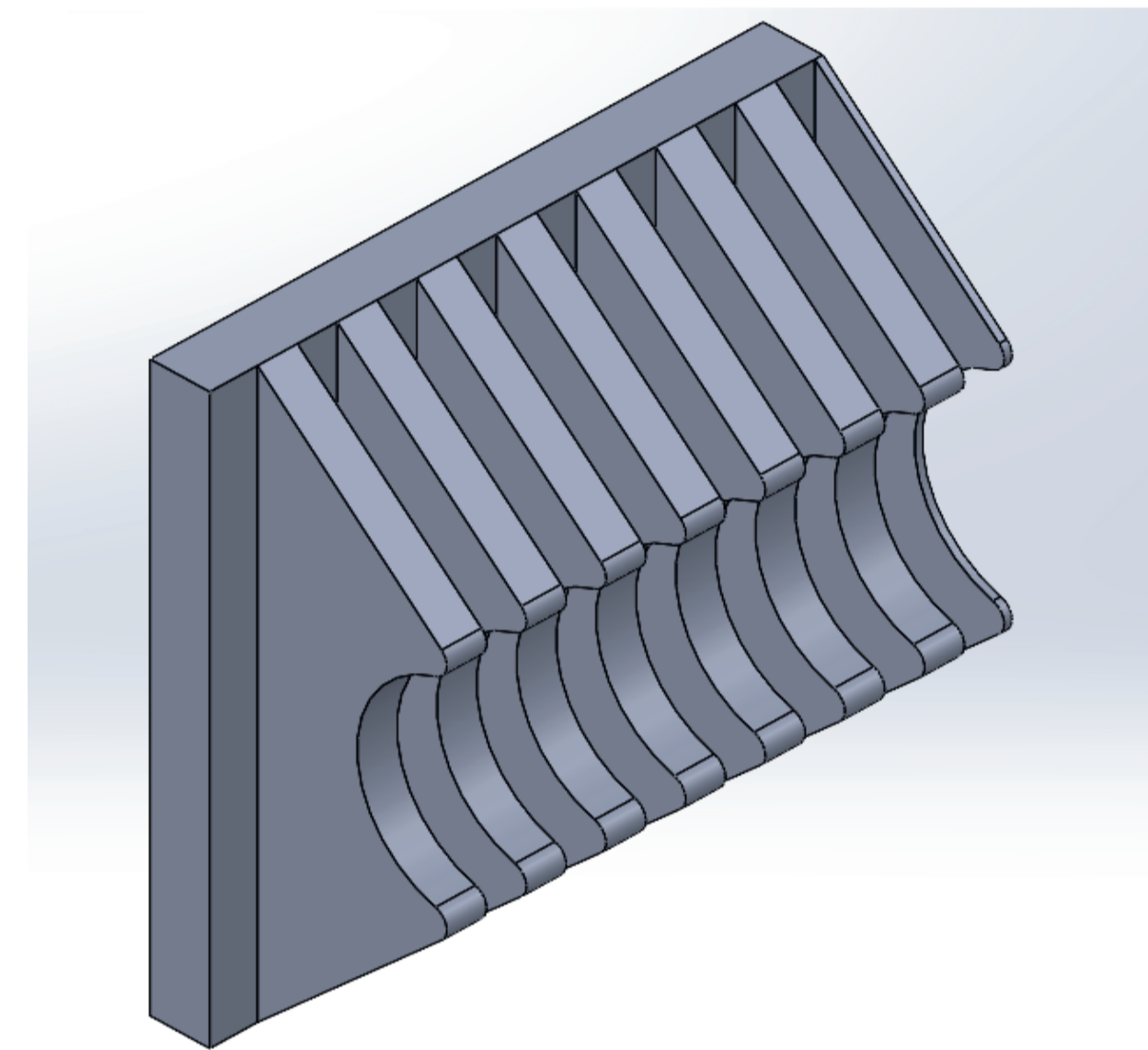


Рис 8. Внутрішній корпус леза

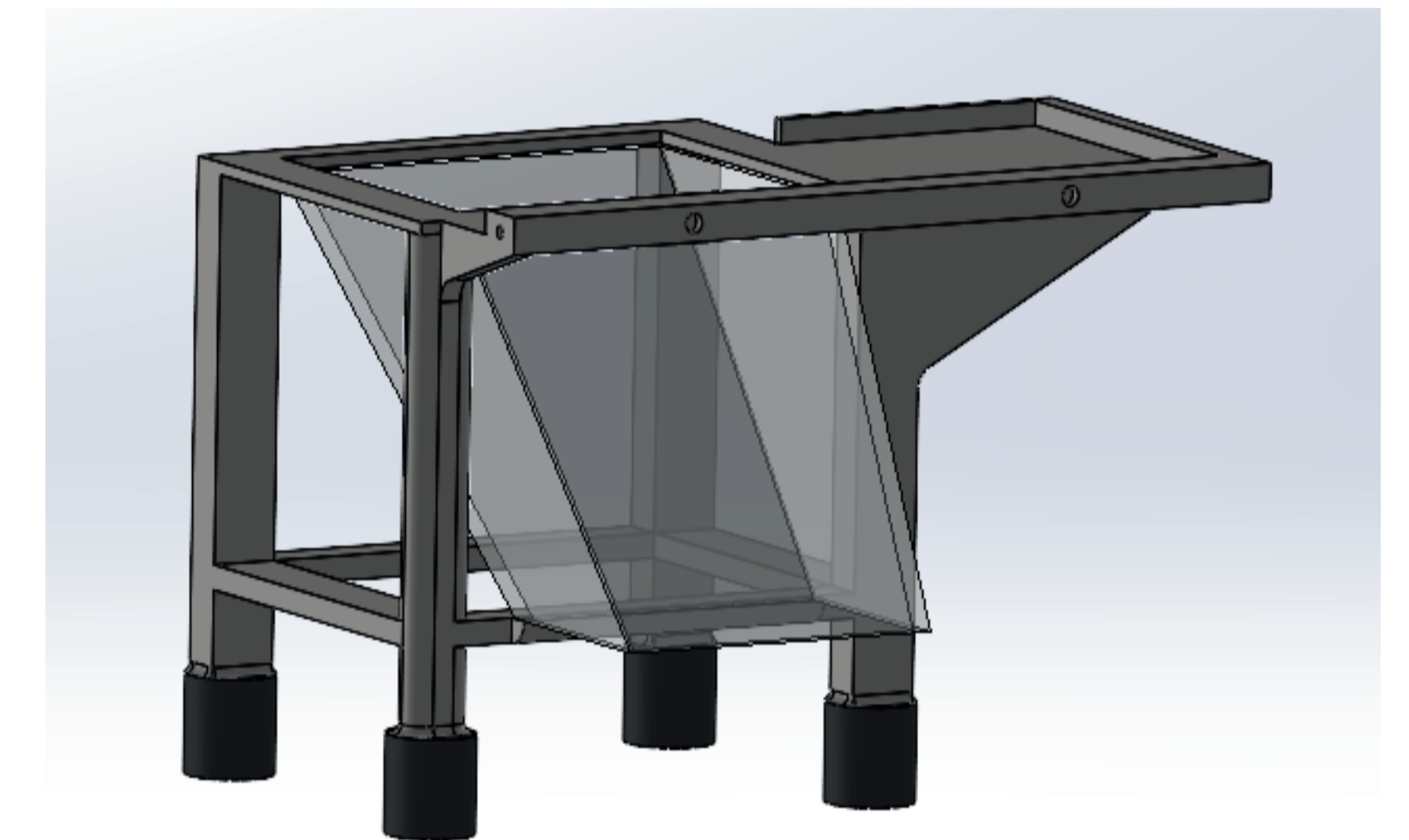


Рис 9. Стіл із каналом виходу для відходів

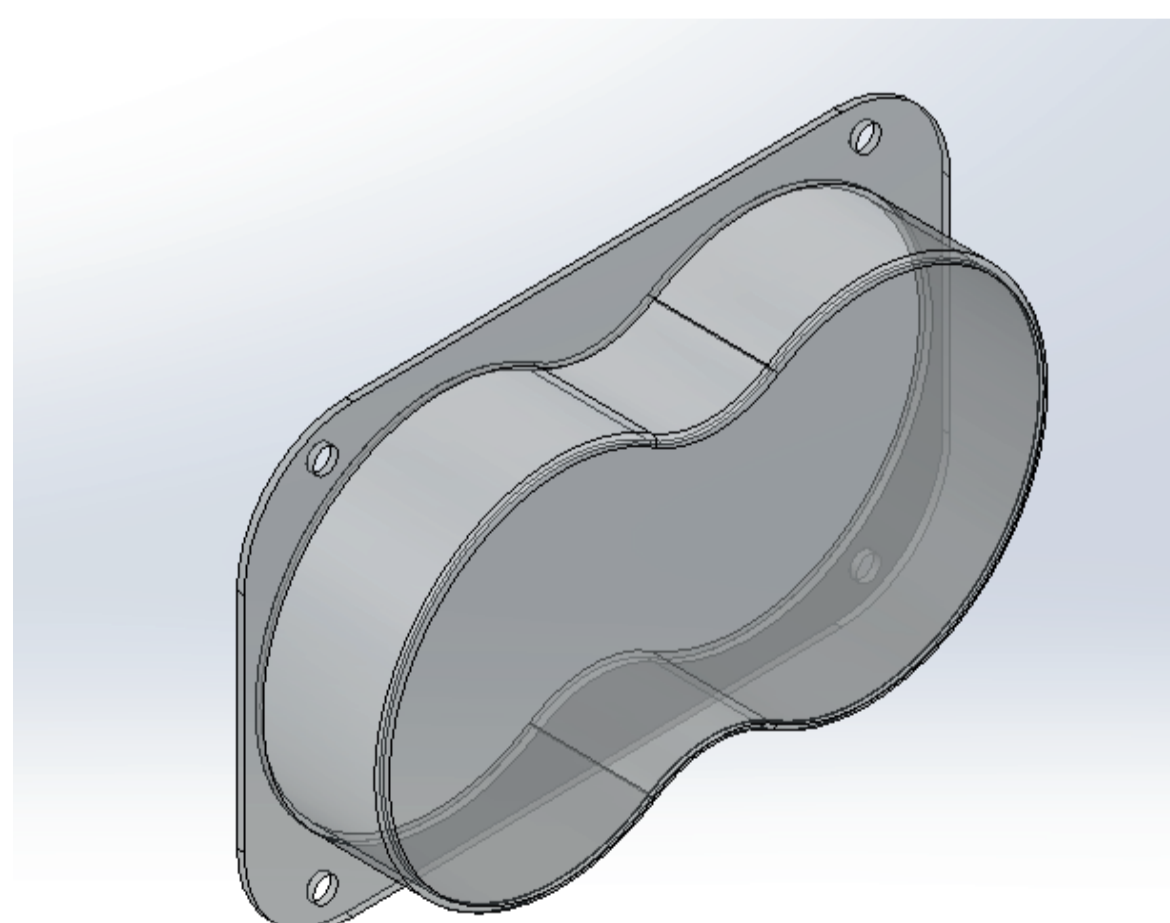


Рис 10. Кришка балтїб

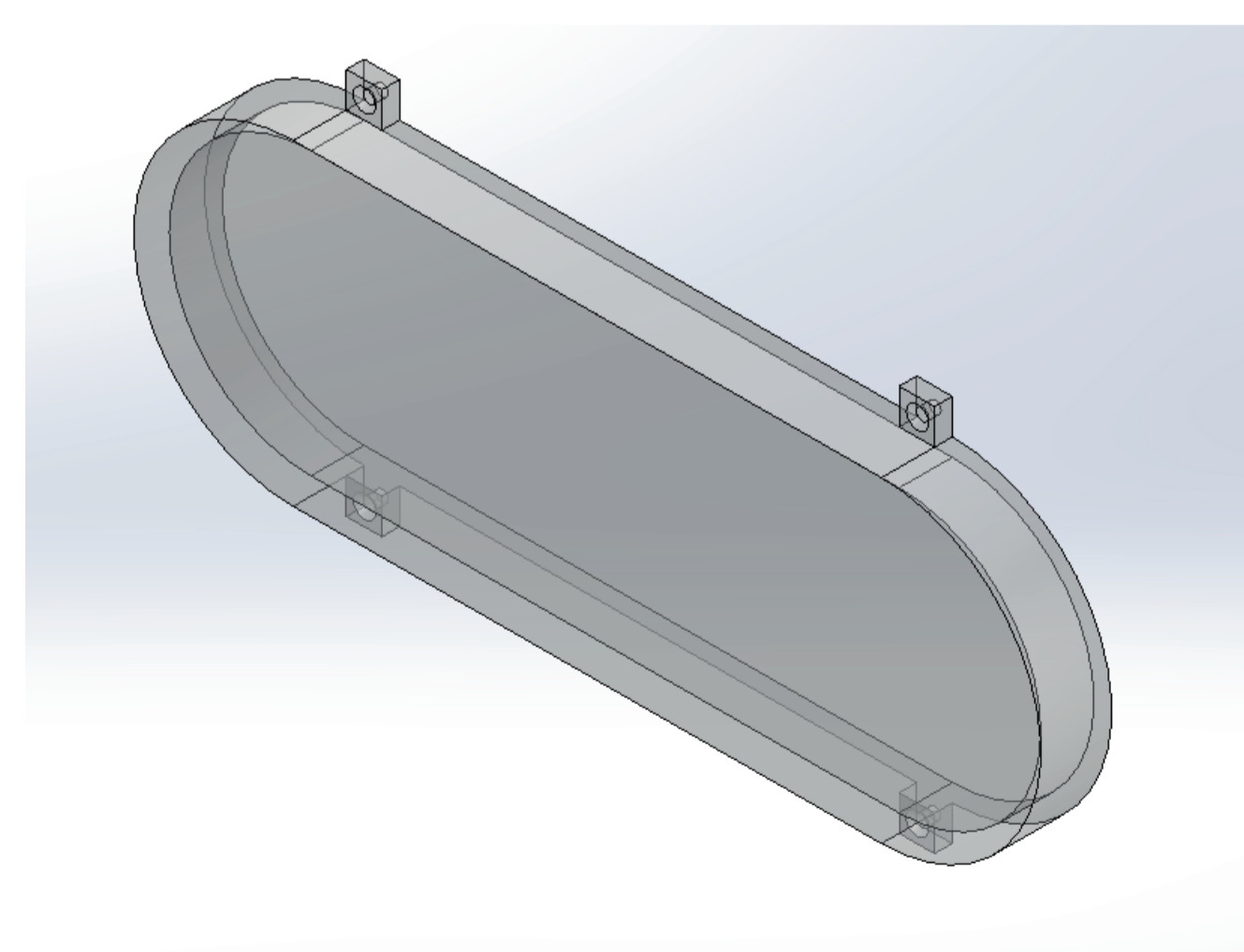


Рис 11. Кришка ланцюга

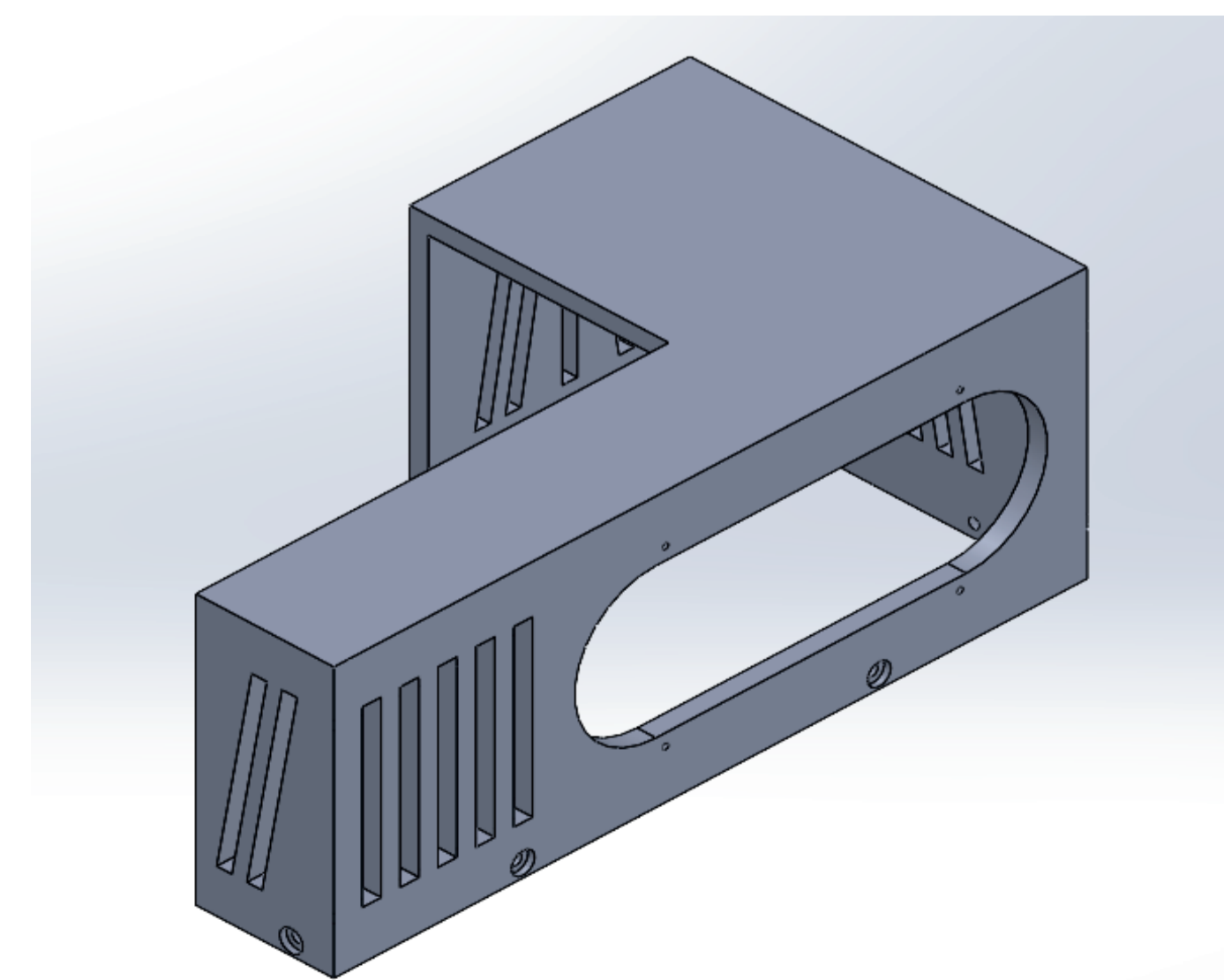


Рис 12. Захисний кожух

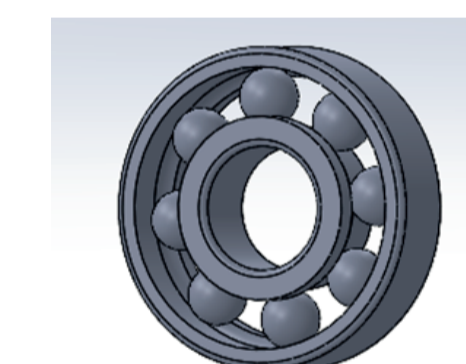


Рис 13. Підшипник

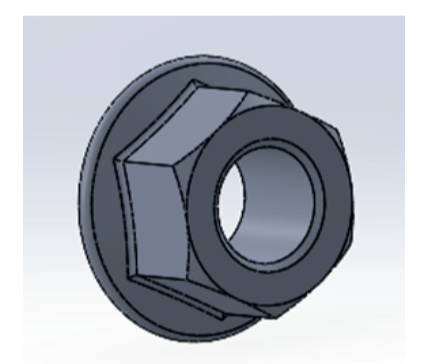


Рис 14. Фланцева шестигранна гайка

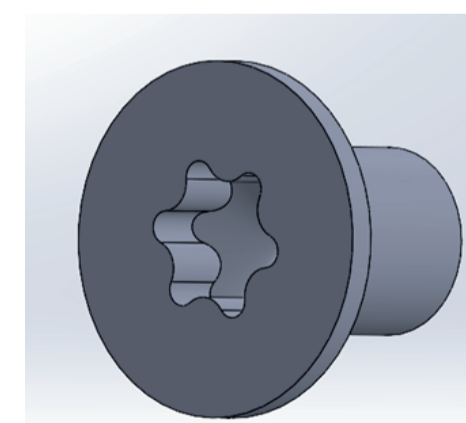


Рис 15. Болт

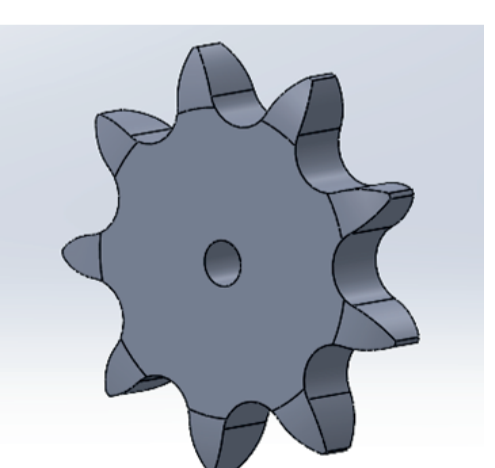


Рис 16. Шестерня

				БР.ПМІ-67.00.002		
				Деталі		
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	подрібнювача побутових відходів	
Разроб		Романів М.Р.				
Проб		Врюкало В.В.				
Т. Контр.						
Н. Контр.					Лист / Листів	
Утв.						
				ПМІ-21-1		ІФНТУНГ

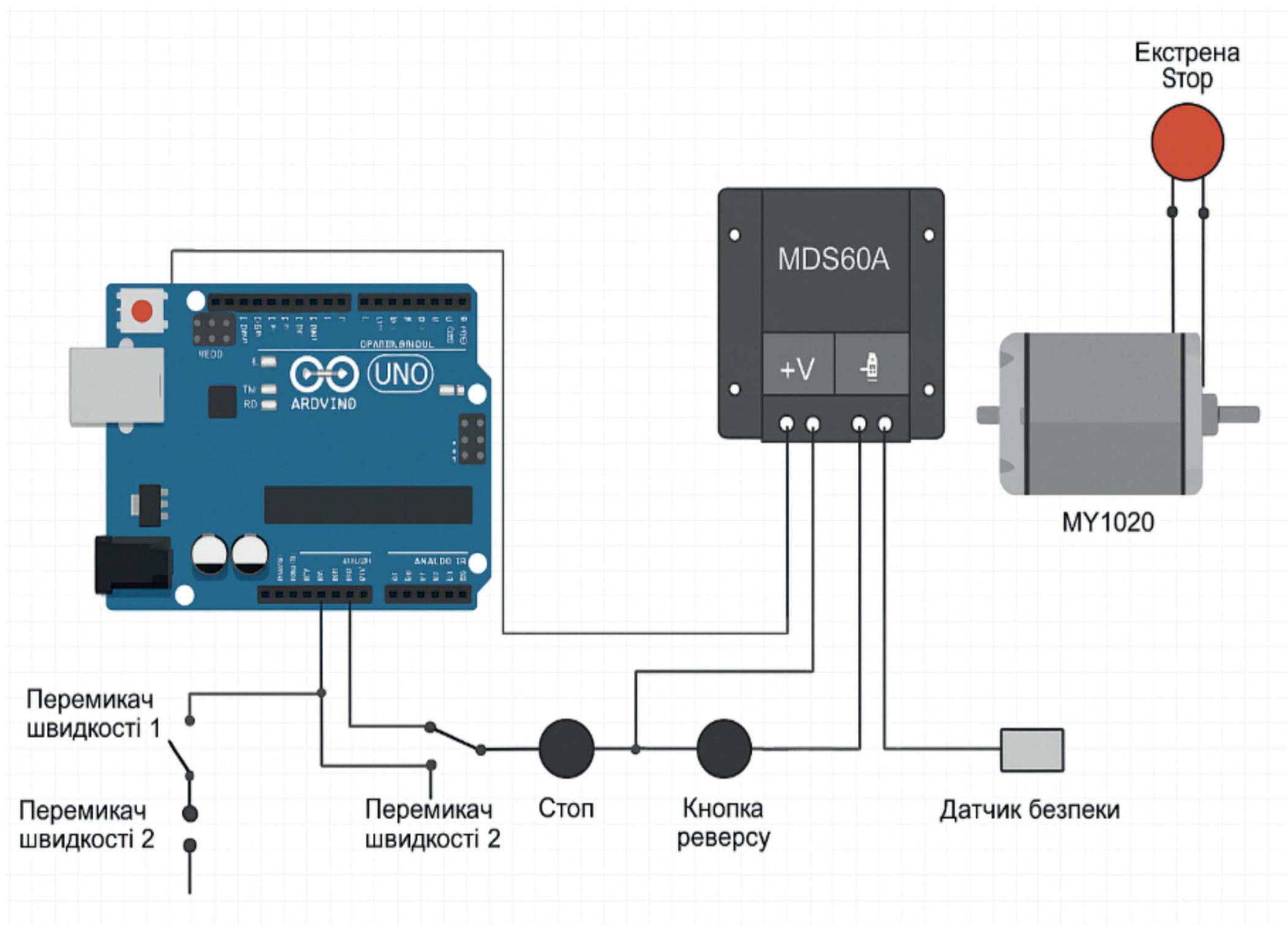


Рис 1. Схема електронного керування



Рис 2. Двигун MY1020

- Модель: MY1020
- Параметри:
- Тип: двигун постійного струму.
- Потужність: 500 Вт.
- Напруга: 24 В.
- Номинальний струм: ~27 А.
- Швидкість обертання: ~3000 об/хв.

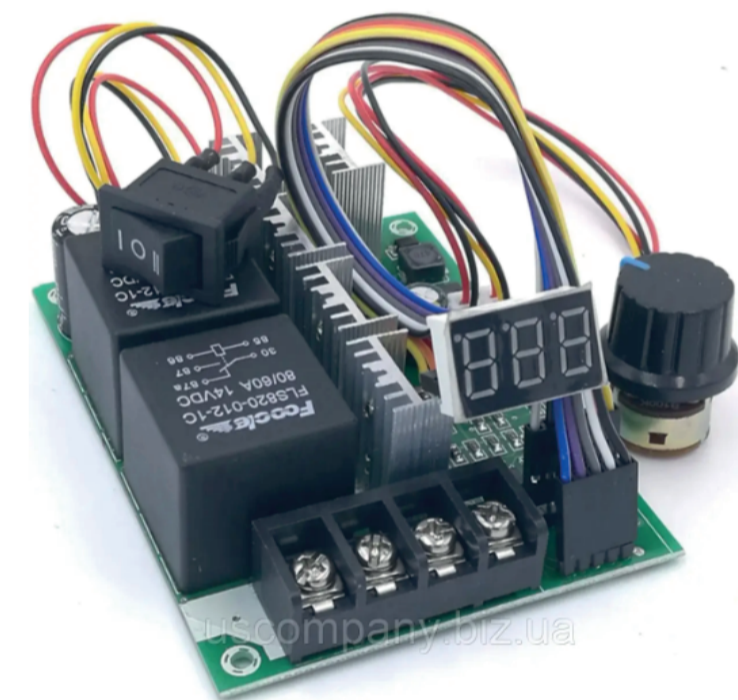


Рис 3. Драйвер MDS60A DC

- Модель: MDS60A DC Motor Driver.
- Параметри:
- Напруга: 10–55 В.
- Максимальний струм: до 60 А (пік), 30 А постійний.
- Керування: PWM 0–5 В, вхід напрямку DIR.

```

Вигляд коду :
// Пін Arduino
const int pwmPin = 9; // PWM для керування швидкістю
const int dirPin = 8; // Напрямок двигуна
const int startButton = 2; // Кнопка Старт
const int stopButton = 3; // Кнопка Стоп
const int speedSwitch = 4; // Перемикач швидкості 1
const int speedSwitch2 = 5; // Перемикач швидкості 2
const int reverseButton = 6; // Кнопка реверсу
const int emergencyStop = 7; // Екстрена кнопка Stop
// Опціонально:
const int safetySensor = A0; // Датчик безпеки (напруга/температура)
bool isRunning = false;
bool isReversed = false;
int speedLevel = 0;
void setup() {
  pinMode(pwmPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);
  pinMode(startButton, INPUT_PULLUP);
  pinMode(stopButton, INPUT_PULLUP);
  pinMode(speedSwitch, INPUT_PULLUP);
  pinMode(speedSwitch2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(reverseButton, INPUT_PULLUP);
  pinMode(emergencyStop, INPUT_PULLUP);
  // Початковий стан
  stopMotor();
}
void loop() {
  // Екстрена кнопка Stop має найвищий пріоритет
  if (digitalRead(emergencyStop) == LOW) {
    isRunning = false;
    stopMotor();
    return; // Виходимо з loop для безпеки
  }
  // Кнопка Старт
  if (digitalRead(startButton) == LOW) {
    isRunning = true;
    delay(300); // Антидребезг
  }
  // Кнопка Стоп
  if (digitalRead(stopButton) == LOW) {
    isRunning = false;
    stopMotor();
    delay(300); // Антидребезг
  }
  // Кнопка реверсу
  if (digitalRead(reverseButton) == LOW) {
    isReversed = !isReversed; // Зміна напрямку
    delay(300); // Антидребезг
  }
  // Зчитування швидкості
  if (digitalRead(speedSwitch) == LOW && digitalRead(speedSwitch2) == HIGH) {
    speedLevel = 1;
  } else if (digitalRead(speedSwitch) == HIGH && digitalRead(speedSwitch2) == LOW) {
    speedLevel = 2;
  } else if (digitalRead(speedSwitch) == LOW && digitalRead(speedSwitch2) == LOW) {
    speedLevel = 3;
  } else {
    speedLevel = 0;
  }
}

```

```

// Контроль безпеки (наприклад, струм або температура)
int safetyValue = analogRead(safetySensor);
if (safetyValue > 800) { // Порогове значення (~80% від 1023)
  // Аварійне вимкнення у випадку перегріву/перенавантаження
  isRunning = false;
  stopMotor();
  // Можна додати світлодіод або сигналізацію тут
  return;
}
// Керування двигуном
if (isRunning && speedLevel > 0) {
  int pwmValue = 0;
  switch (speedLevel) {
    case 1:
      pwmValue = 85;
      break;
    case 2:
      pwmValue = 170;
      break;
    case 3:
      pwmValue = 255;
      break;
  }
  runMotor(pwmValue, isReversed);
}
// Запуск двигуна з реверсом
void runMotor(int pwmValue, bool reverse) {
  digitalWrite(dirPin, reverse ? LOW : HIGH); // LOW = реверс, HIGH = вперед
  analogWrite(pwmPin, pwmValue);
}
// Зупинка двигуна
void stopMotor() {
  analogWrite(pwmPin, 0);
  digitalWrite(dirPin, LOW); // Двигун не обертається
}
ipsum

```

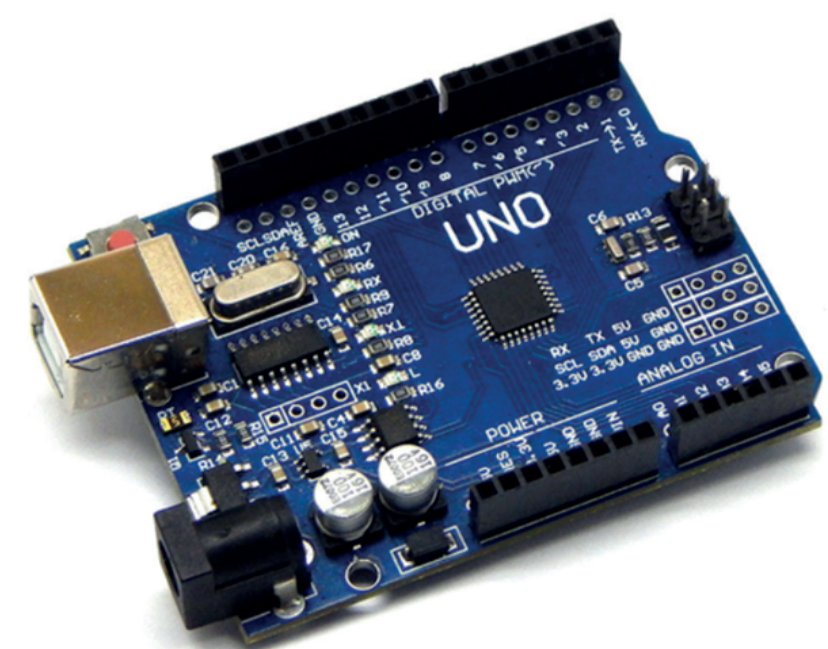


Рис 4. Контролер Arduino Uno R3

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Тактова частота	16 МГц
Напруга логіки	5 В
Вхідна напруга	7–12 В
Вхідна напруга (межі)	6 –20 В
Цифрові входи/виходи	14(6 вих. pwm)
Аналогові входи	6

				БР.ПМІ-67.00.003		
Ізм/Лист	№ докум	Підп.	Дата	Розробка		
Разроб	Романів М.Р			автоматизації		
Проб	Врюкало В.В			Лист	Масштаб	Масштаб
Т. Контр.				Лист	Листов	
Н. Контр.				ПМІ-21-1		ІФНТУНГ
Утв.						

БР.ПМІ-67.00.001

Лит.	Масса	Масштаб

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Романів МР			
Пров.	Врюкало ВВ			
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Вал
ПМІ-21-1
ІФНТУНГ

1 Копіював
Формат А4

БР.ПМІ-67.00.002

Лит.	Масса	Масштаб

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Романів МР			
Пров.	Врюкало ВВ			
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Лезо
ПМІ-21-1
ІФНТУНГ

1 Копіював
Формат А4

БР.ПМІ-67.00.003

Лит.	Масса	Масштаб

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Прокладка
леза
ПМІ-21-1
ІФНТУНГ

1 Копіював
Формат А4

БР.ПМІ-67.00.004

Лит.	Масса	Масштаб

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Романів МР			
Пров.	Врюкало ВВ			
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Шайба
ПМІ-21-1
ІФНТУНГ

1 Копіював
Формат А4

БР.ПМІ-67.00.005

Лит.	Масса	Масштаб

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Романів МР			
Пров.	Врюкало ВВ			
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Кришка
долів
ПМІ-21-1
ІФНТУНГ

1 Копіював
Формат А3

БР.ПМІ-67.00.009

Лит.	Масса	Масштаб

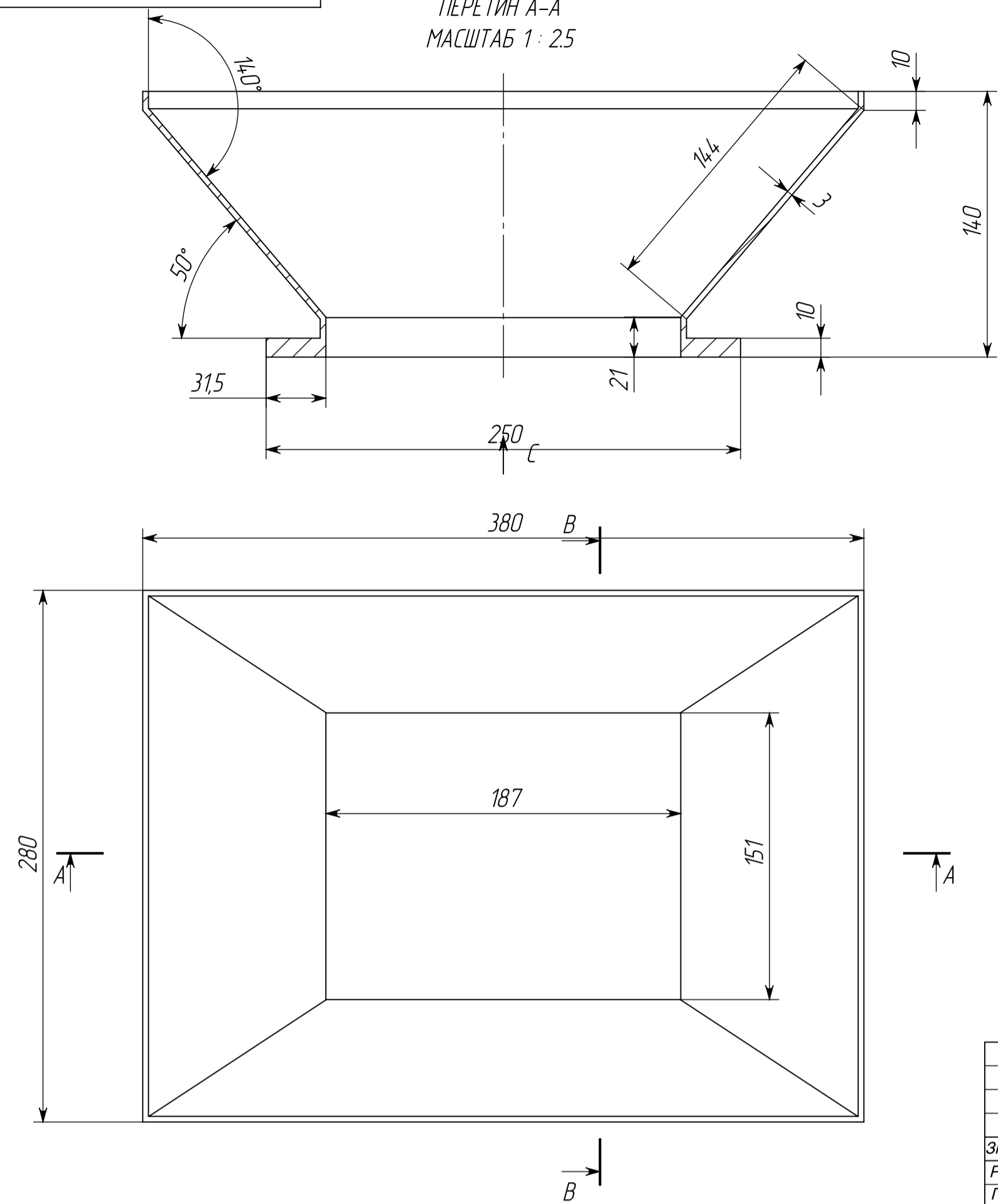
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Романів МР			
Пров.	Врюкало ВВ			
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

Кришка
ланцюга
ПМІ-21-1
ІФНТУНГ

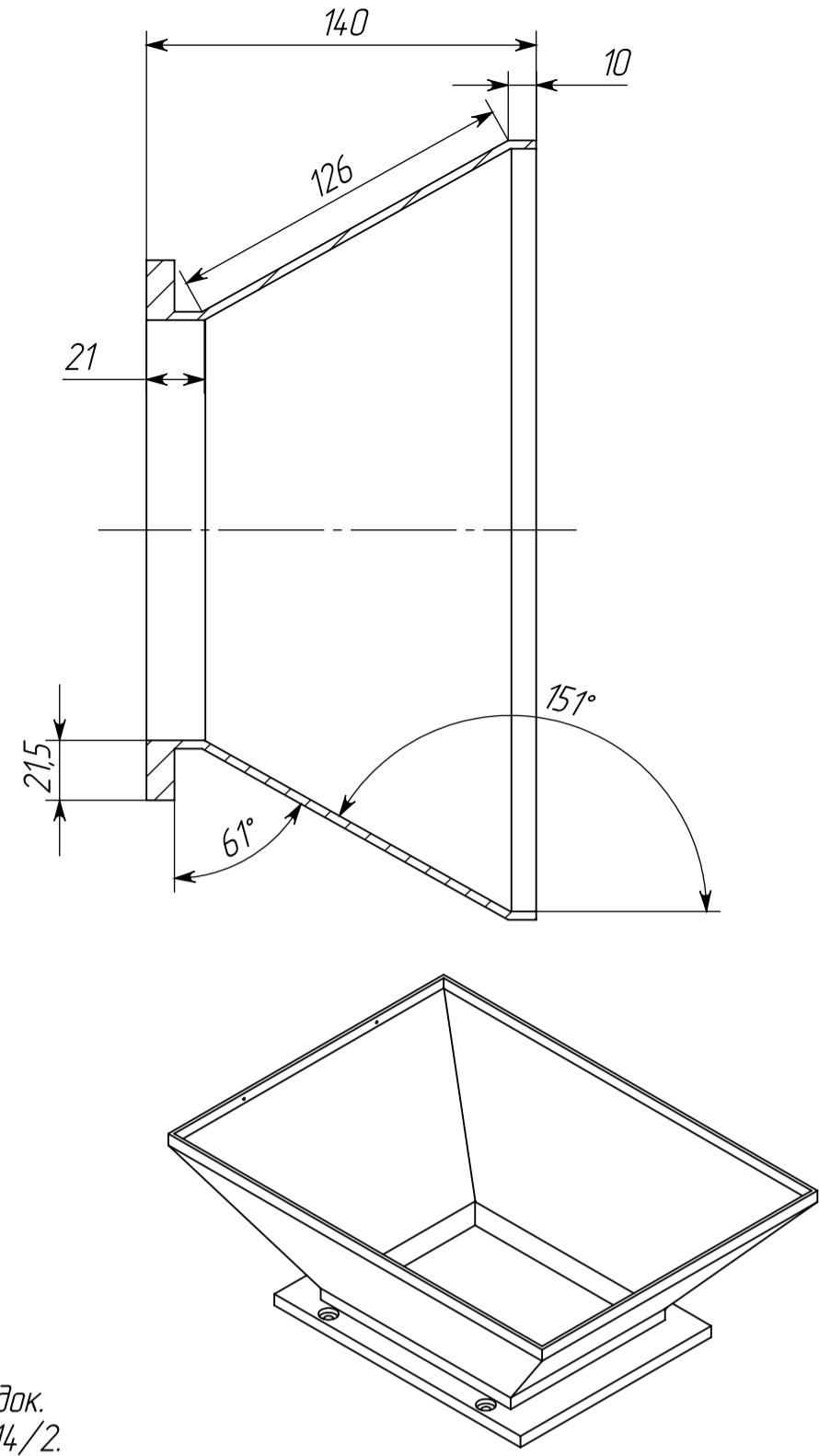
1 Копіював
Формат А3

БР.ПМІ-67.00.006

ПЕРЕТИН А-А
МАСШТАБ 1:25



ПЕРЕТИН В-В
МАСШТАБ 1:25

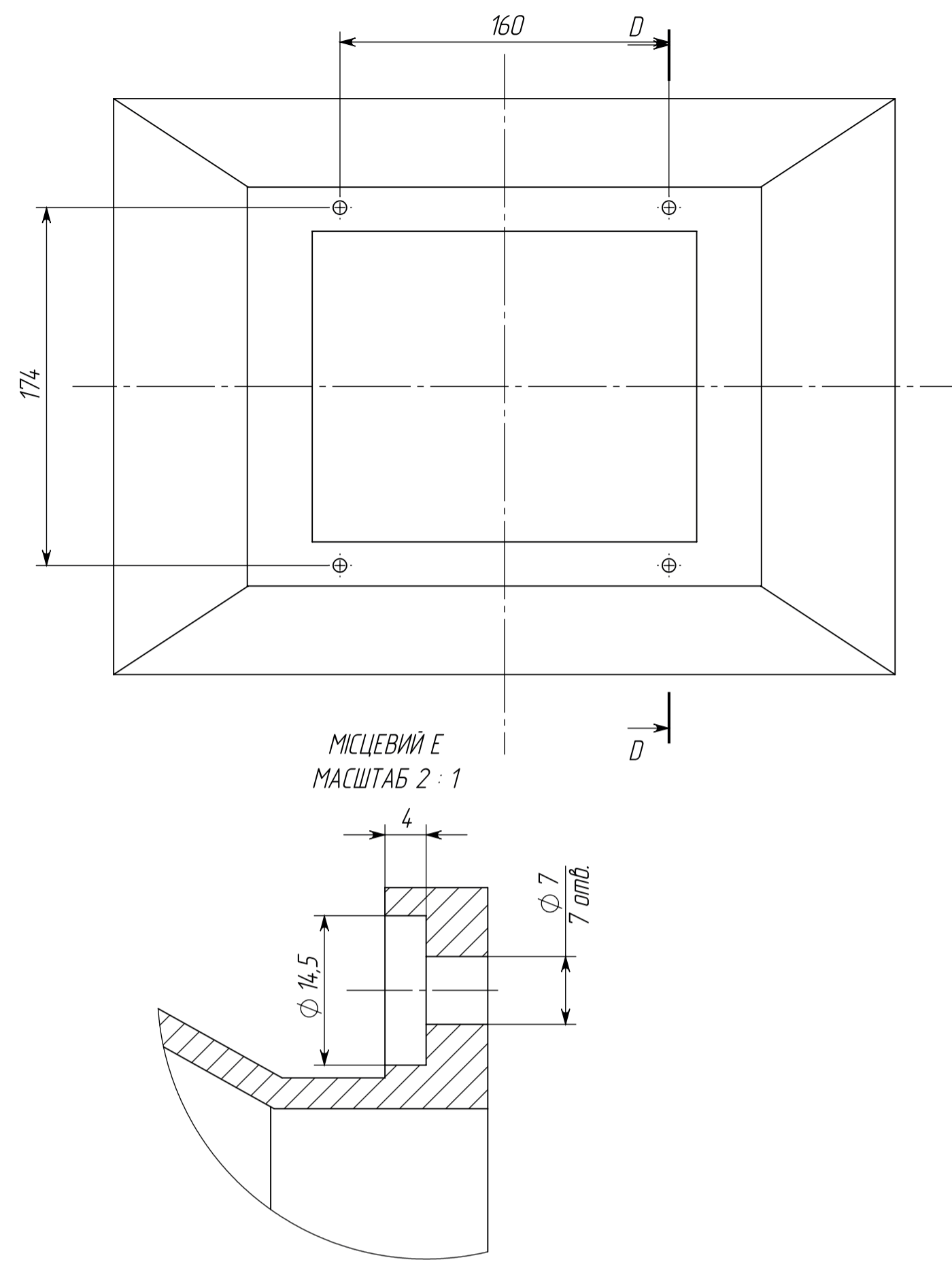


- *Розмір для довідок.
- h14, H14; +/- IT14/2.
- Гострі кромки притупити.

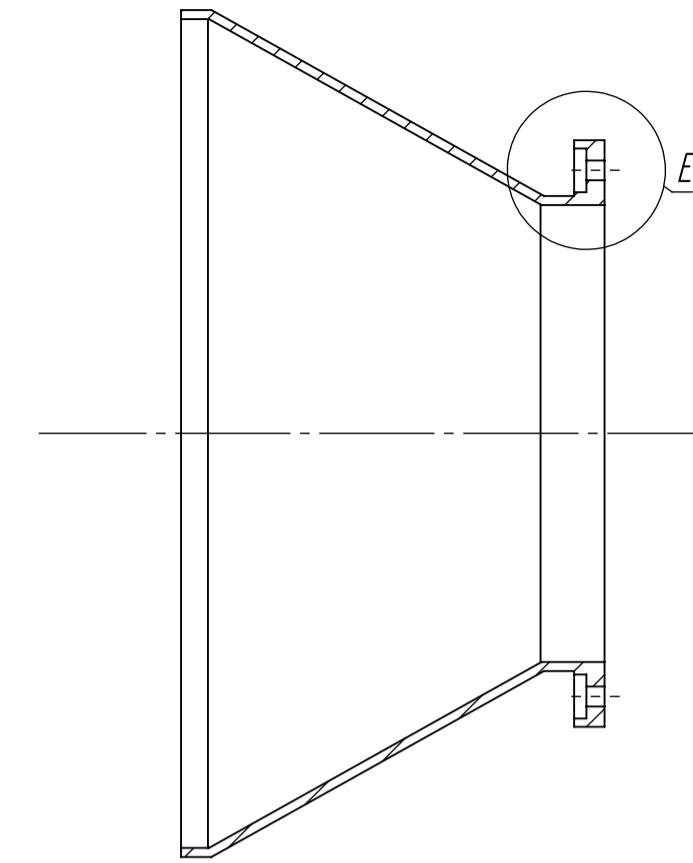
БР.ПМІ-67.00.006				Літера	Маса	Масштаб
Канал подачі				Арк. 1	Аркушів	1:5
ПМІ-21-1				ІФНТУНГ		
Розроб. Романів МР				Копіював		
Перев. Врекло ВВ				Формат А3		
Т. контр.						
Нач. КБ						
Н. контр.						
Затв.						

БР.ПМІ-67.00.006

ВИГЛЯД С
МАСШТАБ 1:25



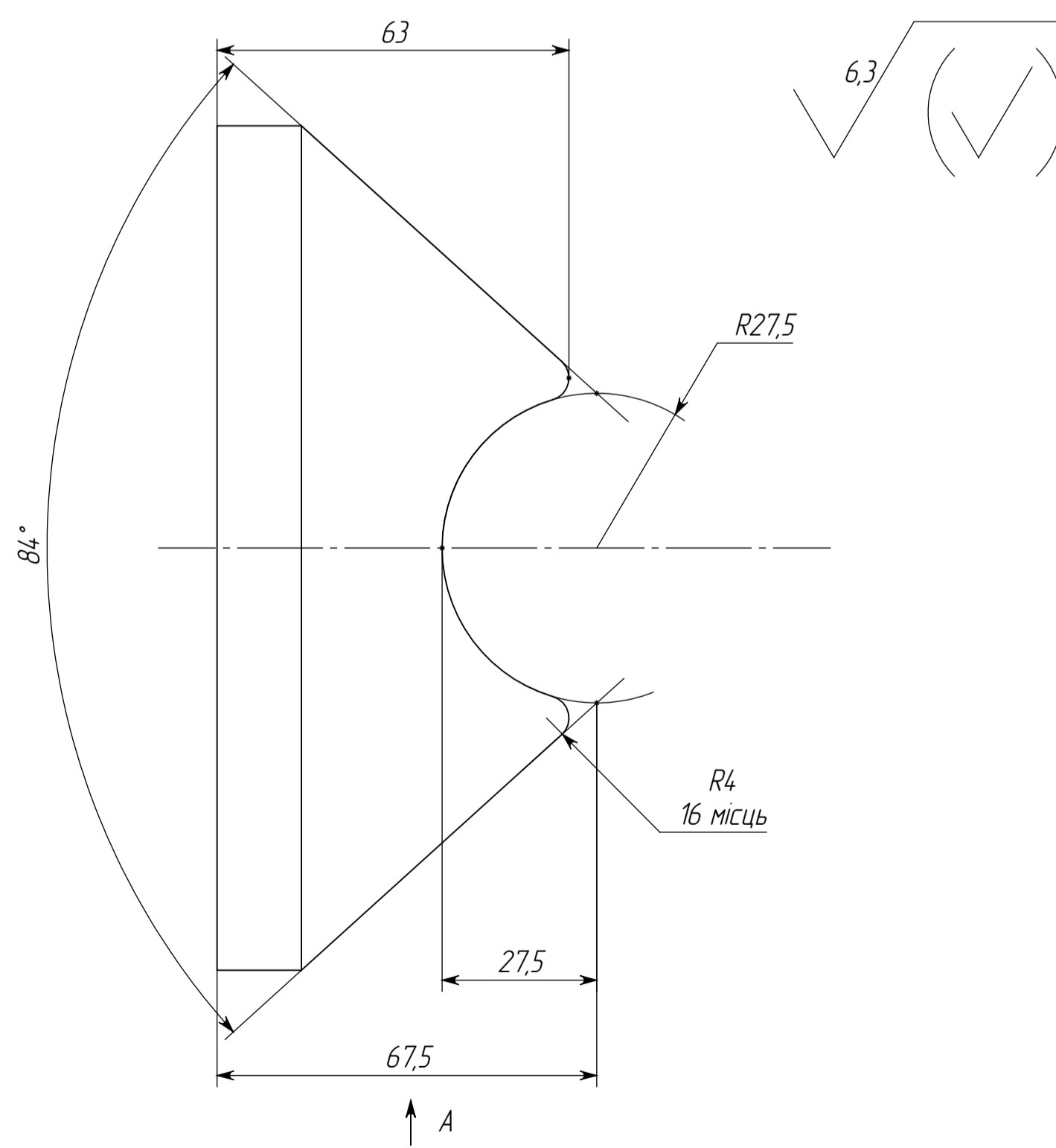
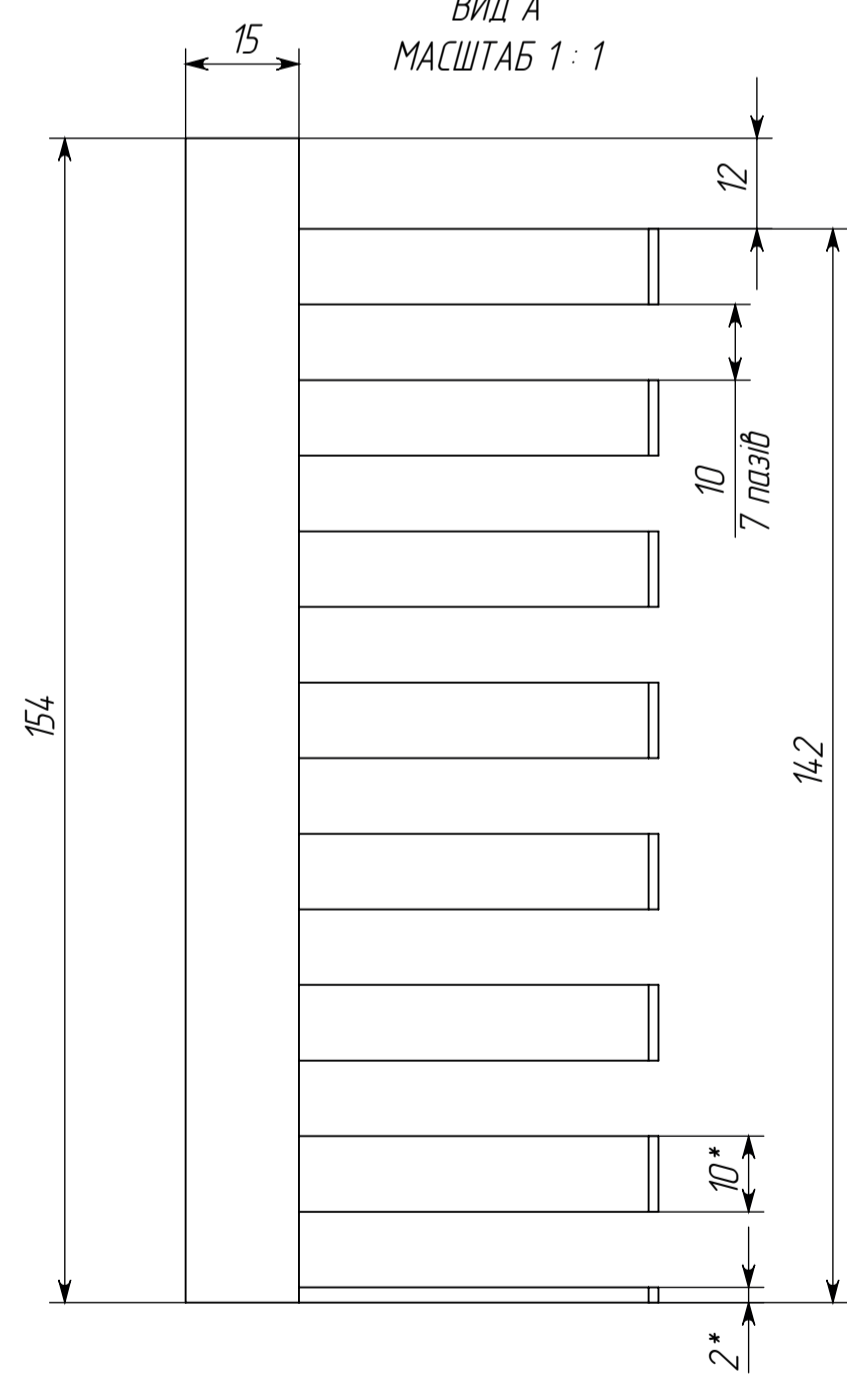
ПЕРЕТИН D-D
МАСШТАБ 1:25



БР.ПМІ-67.00.006				Літера	Маса	Масштаб
Копіював				Арк.	Аркушів	
Розроб. Романів МР				Формат А3		
Перев. Врекло ВВ						
Т. контр.						
Нач. КБ						
Н. контр.						
Затв.						

БР.ПМІ-67.00.007

ВИД А
МАСШТАБ 1:1

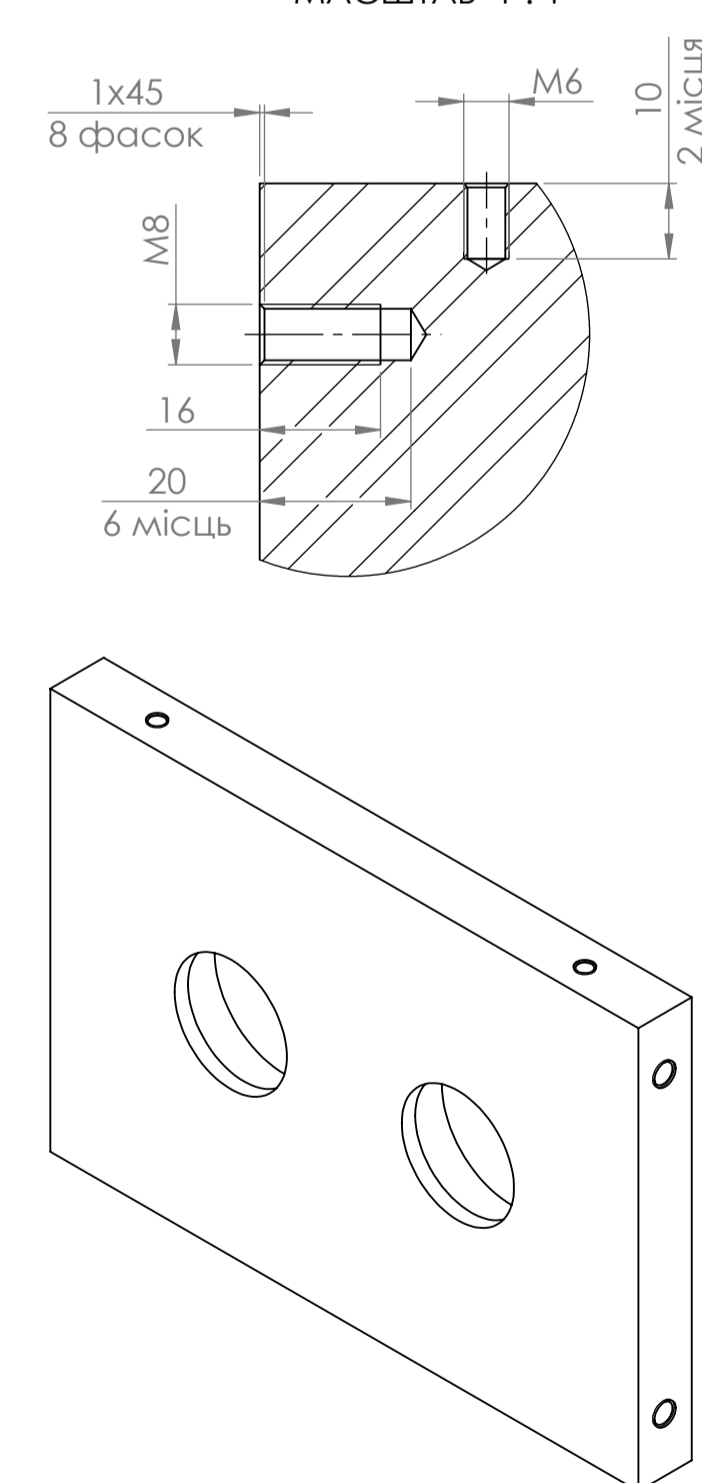
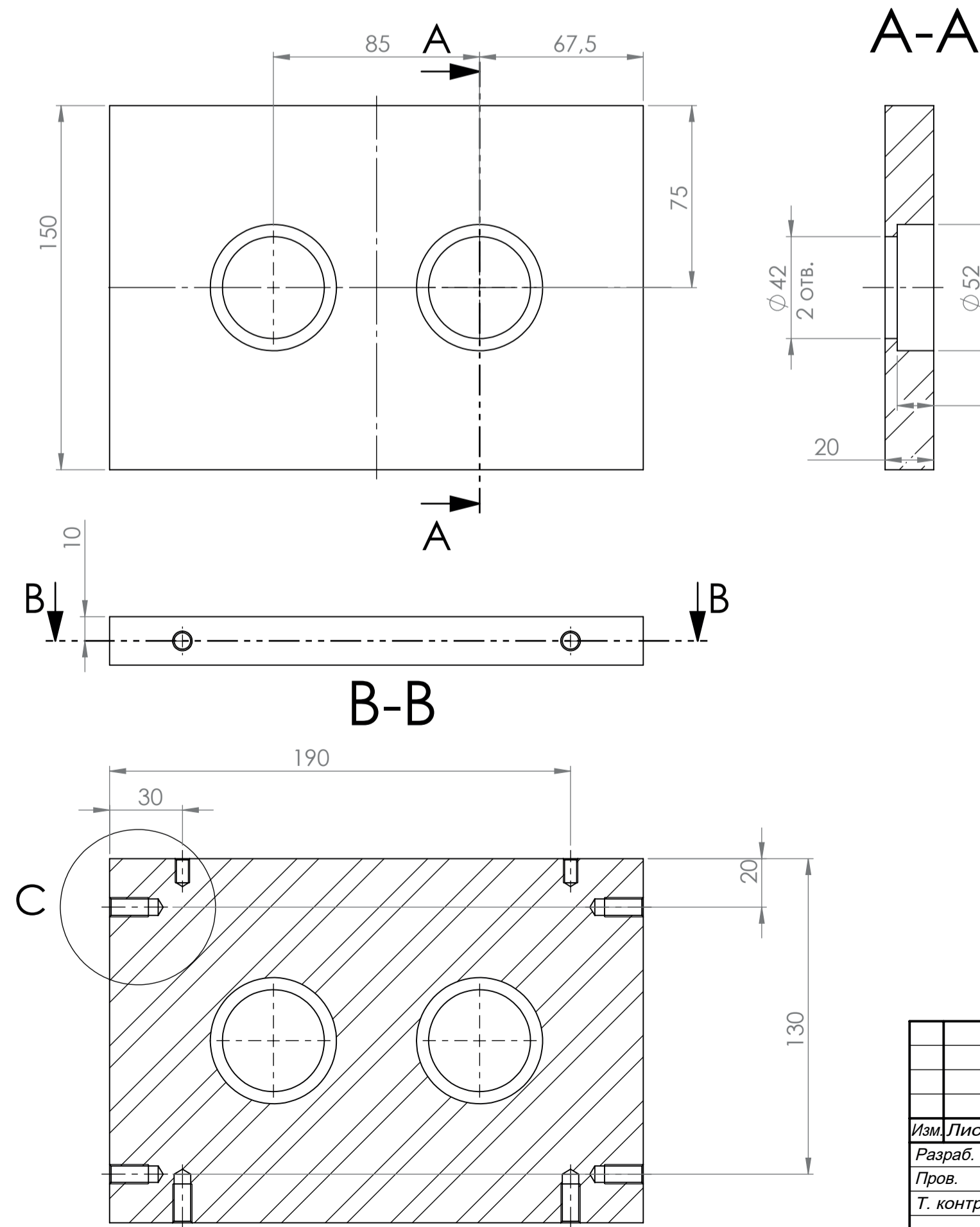


- *Розмір для довідок.
- h14, H14; +/- IT14/2.

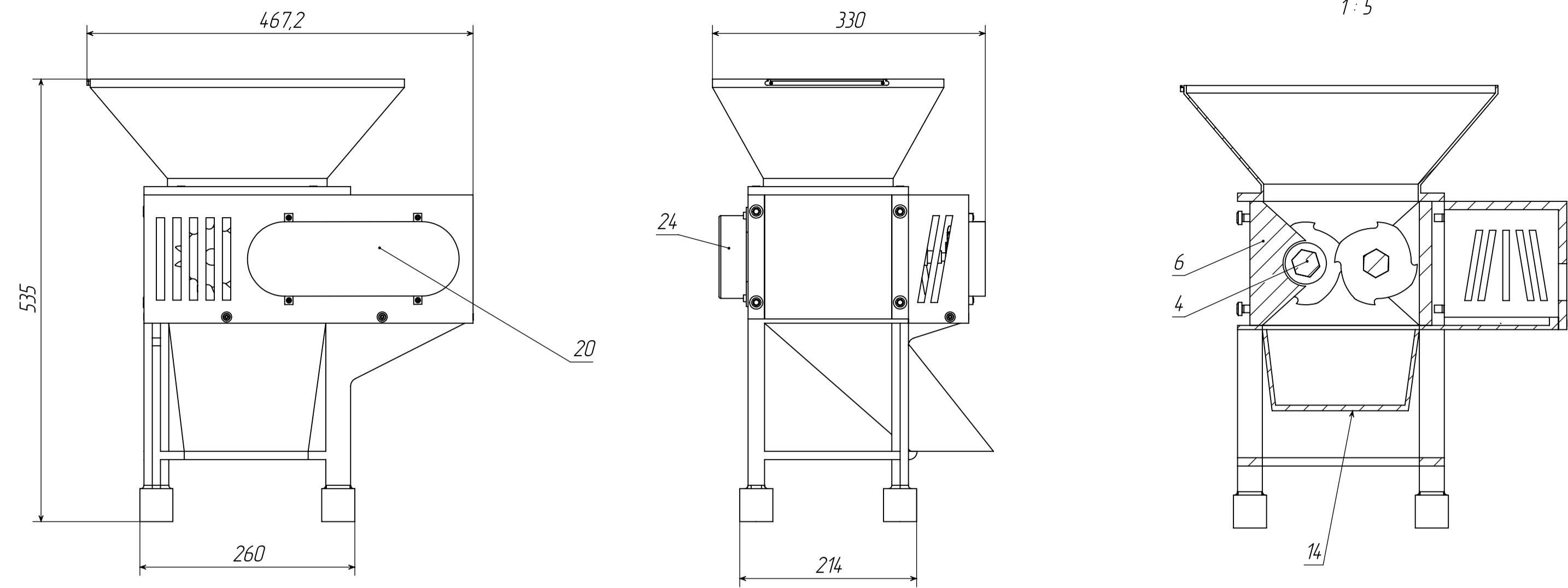
БР.ПМІ-67.00.007				Літера	Маса	Масштаб
Бічний корпус леза				Арк. 1	Аркушів	1:2
ПМІ-21-1				ІФНТУНГ		
Розроб. Романів МР				Копіював		
Перев. Врекло ВВ				Формат А3		
Т. контр.						
Нач. КБ						
Н. контр.						
Затв.						

БР.ПМІ-67.00.008

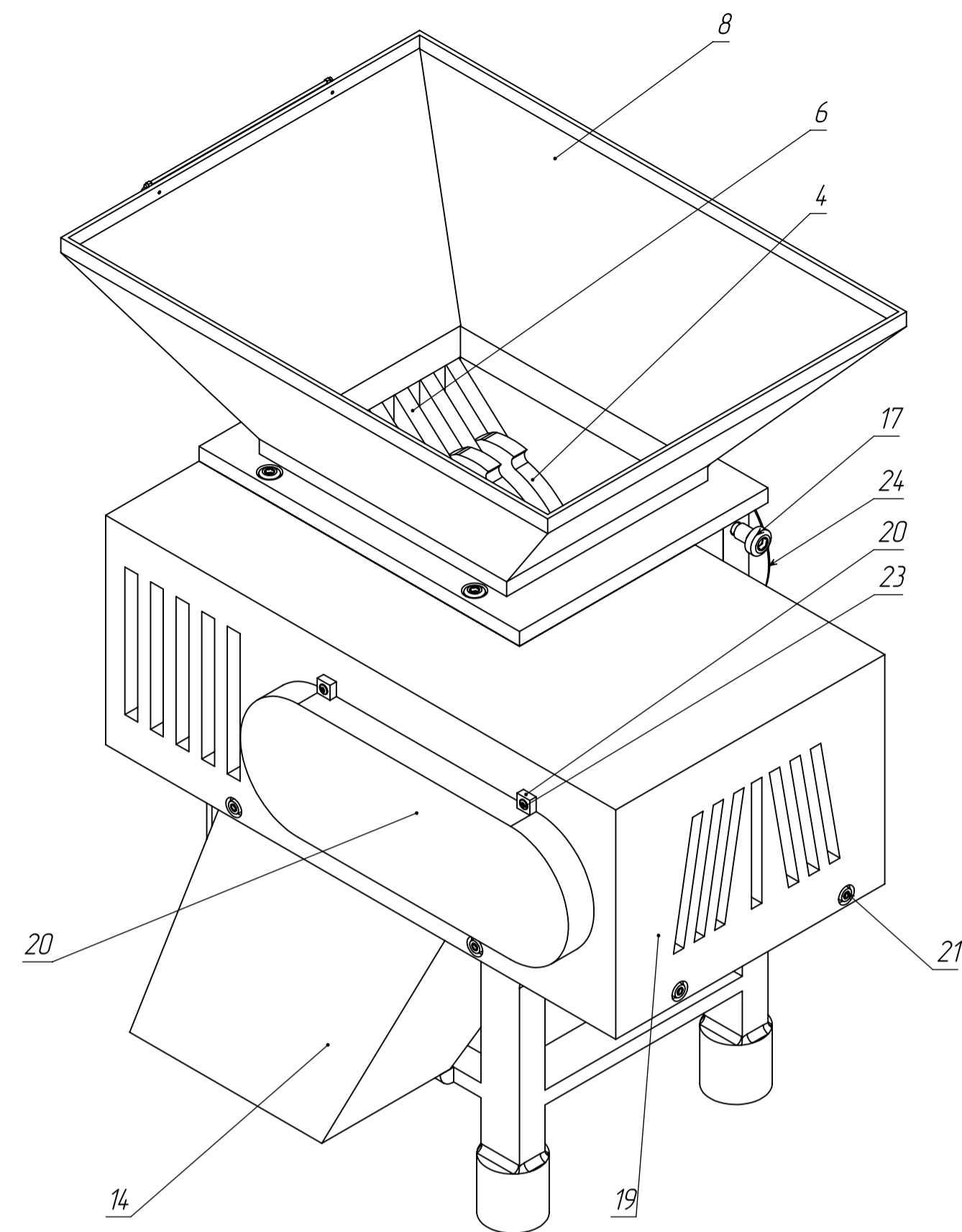
С
МАСШТАБ 1:1



БР.ПМІ-67.00.008				Літера	Маса	Масштаб
Передній та задній корпус				Лист	Листов	
ПМІ-21-1				ІФНТУНГ		
Розроб. Романів МР				Копіював		
Перев. Врекло ВВ				Формат А3		
Т. контр.						
Нач. КБ						
Н. контр.						
Затв.						

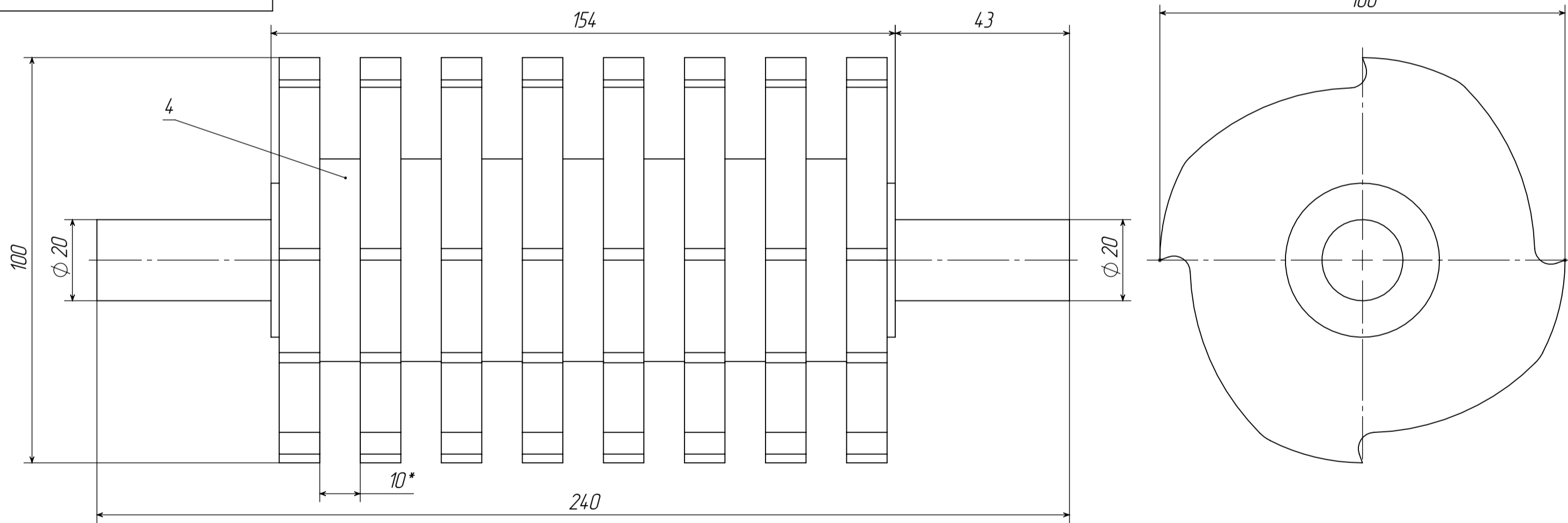


БР.ПМІ-67.00.000 СК			
Подрібнювач побутових відходів			
ПМІ-21-1			
ІФНТУНГ			
Копіював Формат А3			
Змін. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Романів МР		04.06.2023
Перев.	Врекало ВВ		
Т. контр.			
Нач. КБ			
Н. контр.			
Затв.			



Ф	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Прим.
	1	Part5	Передній корпус	2	
	2	ISO 15 ABB - 0320 - 8,DE,NC,8_68		4	
	3	shnek1	Шнек№1	1	
	4	shnek2	Шнек№2	1	
	5	Part8	Внутрішній корпус леза	1	
	6	Part11	Внутрішній корпус леза	1	
	7	ISO - 4.161 - M20 - N		2	
	8	Part20	Канал подачі	1	
	9	Chain wheel ISO - 13Z 12A-1 --13SA20.0N		1	
	10	Chain wheel ISO - 14Z 12A-1 --14SA20.0N		1	
	11	Part25		1	
	12	Chain wheel ISO - 13Z 10A-1 --13SA35.0N		1	
	13	ISO 15 ABB - 0310 - 6,DE,NC,6_68		1	
	14	Part131	Стіл з каналом виходу	1	
	15	ISO 15 ABB - 1815 - 18,DE,NC,18_68		1	
	16	Chain wheel ISO - 11Z 10A-1 --11SA24.0N		1	
	17	ISO 14583 - M8 x 12 x 9.5 - 4.8-N		8	
	18	ISO 14583 - M6 x 12 x 10 - 4.8-N		4	
	19	koshuh	Захисний кожух	1	
	20	kriska	Кришка ланцюга	1	
	21	ISO 14580 - #5 x 6 x 4.4 - 4.8-N		10	
	22	ISO 14583 - M3 x 10 x 9 - 4.8-N		1	
	23	ISO 14583 - M3 x 5 x 4 - 4.8-N		4	
	24	Part7	Кришка болтів	1	
	25	krpzbr		1	
	26	ISO 14581 M2x3x3-N		2	

БР.ПМІ-67.00.000			
Копіював Формат А3			
Змін. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Ф	Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Прим.
	1	Part1	Вал	1	
	2	Part2	Шайба	2	
	3	Part3	Лезо	8	
	4	Part4	Прокладка леза	7	

1 *Размір для довідок.
2 h14; H14; +/- JT14/2.

БР.ПМІ-67.00.000 СК			
Збірка шнеку			
ПМІ-21-1			
ІФНТУНГ			
Копіював Формат А3			
Змін. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Романів МР		09.06.2023
Перев.	Врекало ВВ		
Т. контр.			
Нач. КБ			
Н. контр.			
Затв.			

Форм. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
Документація					
Стандартні вироби					
A3		БР.ПМІ-67.00.000 СК	Подрібнювач побутових відходів	1	
Складальні одиниці					
A3		БР.ПМІ-67.00.000 СК	Шнек	2	
Деталі					
A4		БР.ПМІ-67.00.001	Вал	2	
A4		БР.ПМІ-67.00.002	Лезо	16	
A4		БР.ПМІ-67.00.003	Прокладка леза	14	
A4		БР.ПМІ-67.00.004	Шайба	4	
A3		БР.ПМІ-67.00.005	Кришка болтів	1	
A3		БР.ПМІ-67.00.006	Канал подачі	1	
A3		БР.ПМІ-67.00.007	Бічний корпус леза	2	
A3		БР.ПМІ-67.00.008	Передній та задній корпус	2	
A3		БР.ПМІ-67.00.009	Кришка ланцюга	1	

Форм. Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
Стандартні вироби					
		ISO 15 ABB - 0320 - 8,DE,NC,8_68	Підшипник радіальний кульковий	4	
		ISO - 4161 - M20 - N	Шестигранна гайка	2	
		Chain wheel ISO - 13Z 12A-1 --13SA20.0N	Зубчасте колесо	1	
		Chain wheel ISO - 14Z 12A-1 --14SA20.0N	Зубчасте колесо	1	
		Chain wheel ISO - 13Z 10A-1 --13SA35.0N	Зірочка для роликового ланцюга	1	
		Chain wheel ISO - 11Z 10A-1 --11SA24.0N	Зірочка для роликового ланцюга	1	
		ISO 14583 - M8 x 12 x 16 - 4.8-N	Гвинт з циліндричною головкою	8	
		ISO 14583 - M6 x 12 x 10 - 4.8-N	Гвинт з циліндричною головкою	4	
		ISO 14580 - M3 x 6 x 8 - 4.8-N	Гвинт з циліндричною головкою	2	
		ISO 14583 - M3 x 5 x 12 - 4.8-N	Гвинт з циліндричною головкою	4	
		ISO 14581 M2x3x3-N	Гвинт з потайною головкою під внутрішній шестигранник	2	

Інв. № подл. Підпис та дата. Інв. № дубл. Взам. інв. №. Підпис та дата.

Інв. № подл. Підпис та дата. Інв. № дубл. Взам. інв. №. Підпис та дата.

Арк.

Лист