

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра галузевого машинобудування**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ**  
**ДОЗУВАННЯ СИПКИХ ПРОДУКТІВ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
Групи М-41  
**Мельник Дмитро Ігорович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
Д.т.н., професор  
**Рябчиков Микола Львович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
к.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**Пуць В.С.**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Транспорт та механічної інженерії

Кафедра Галузевого машинобудування

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Пуць В.С.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

*ЗАВДАННЯ*

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

МЕЛЬНИК Дмитро Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Розробка конструкції пристрою для дозування сипких продуктів

Керівник роботи: Рябчиков Микола Львович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

№163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Розробити конструкцію дозатору сипких продуктів з поворотним приводом

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Основні конструктивні схеми дозаторів сипких продуктів

Розрахунки при створенні гравітаційного дозатора із шиберною заслінкою

Конструювання дозатора для сипких продуктів

Математичне моделювання

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Загальний вид

Креслення дозатору

Креслення збірних одиниць

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	Рябчиков М.Л.		
<i>Розділ 2</i>	Рябчиков М.Л.		
<i>Розділ 3</i>	Рябчиков М.Л.		
<i>Розділ 4</i>	Рябчиков М.Л.		
<i>Розділ 5</i>	Рябчиков М.Л.		
<i>Розділ 6</i>	Рябчиков М.Л.		

7. Дата видачі завдання « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	<i>31.01.2025</i>	
2.	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>28.02.2025</i>	
3.	<i>розділ 1-3</i>	<i>15.04.2025</i>	
4.	<i>розділ 4-6</i>	<i>15.05.2025</i>	
5.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>17.05.2025</i>	
6.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>20.05.2025</i>	
7.	<i>Формування додатків</i>	<i>25.05.2025</i>	
8.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>31.05.2025</i>	
9.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>03.06.2025</i>	
10.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>05.06.2025</i>	
11.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>10.06.2025</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (Мельник Д.І.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (Рябчиков М.Л.)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Мельник Д.І. Розробка конструкції пристрою для дозування сипких продуктів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, шести розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел з 17 найменувань, 6 додатків.

У даній роботі розглянуто сфери використання, властивості та значення сипких продуктів у різних галузях промисловості. Сипкі матеріали, завдяки своїм фізико-хімічним характеристикам, знаходять широке застосування у харчовій, сільськогосподарській, будівельній, хімічній, металургійній, фармацевтичній та енергетичній сферах. Для точного дозування таких продуктів використовуються дозатори, які підвищують ефективність виробничих процесів.

Розглянуто основні типи дозаторів сипких продуктів: гравітаційні, шнекові, стрічкові, вібраційні та об'ємні. Особлива увага приділена гравітаційним дозаторам із шиберною заслінкою, їх конструктивним особливостям та принципу роботи. Проведено детальні розрахунки продуктивності, площі отвору, швидкості потоку матеріалу, сили переміщення заслінки, що забезпечує ефективне та точне дозування.

Досліджено технічні виклики, пов'язані із впровадженням дозаторів. Розглянуто шляхи вдосконалення конструкції дозаторів, зокрема впровадження автоматизації, використання зносостійких матеріалів і вдосконалення систем пиловловлення.

					<i>КРБ 0017.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Мельник</i>				<i>Розробка конструкції пристрою для дозування сипких продуктів</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Рябчиков</i>						4	58
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мартинюк</i>					<i>ЛНТУ, ФТМІ, гр. М-41</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Луць</i>							

Запропоновано методи оптимізації роботи дозаторів для забезпечення точного дозування, підвищення продуктивності виробництва та зниження експлуатаційних витрат. Дослідження підтверджує доцільність впровадження дозаторів сипких продуктів для покращення ефективності виробничих процесів і забезпечення високої якості кінцевої продукції.

Ключові слова: дозатор, сипкі продукти, шибер, конструкція .

					<i>КРБ 0017.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Abstract

Melnyk D.I. Development of a device for dosing loose products. Manuscript.

Bachelor's qualification work of the EP "Industrial Mechanical Engineering" in the specialty Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions and proposals, a list of sources used from 17 items, 6 appendices

This work considers the areas of use, properties and significance of loose products in various industries. Loose materials, due to their physicochemical characteristics, are widely used in the food, agricultural, construction, chemical, metallurgical, pharmaceutical and energy sectors. For accurate dosing of such products, dispensers are used, which increase the efficiency of production processes.

The main types of bulk product feeders are considered: gravity, screw, belt, vibratory and volumetric. Special attention is paid to gravity feeders with a gate valve, their design features and operating principle. Detailed calculations of productivity, opening area, material flow rate, and gate movement force were carried out, which ensures effective and accurate dosing.

The technical challenges associated with the introduction of feeders are investigated. Ways to improve the design of feeders are considered, in particular, the introduction of automation, the use of wear-resistant materials and the improvement of dust collection systems.

Methods for optimizing the operation of feeders are proposed to ensure accurate dosing, increase production productivity and reduce operating costs. The study confirms the feasibility of introducing bulk product feeders to improve the efficiency of production processes and ensure high quality of the final product.

Keywords: feeder, bulk products, gate valve, design

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	8
1.1 Сфери використання і властивості сипких продуктів. обґрунтування доцільності впровадження дозаторів	8
1.2 Основні конструктивні схеми дозаторів сипких продуктів	13
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	24
2.1 Розрахунки при створенні гравітаційного дозатора із шиберною заслінкою	24
2.2 Роторний гравітаційний дозатор із шиберною заслінкою	26
2.3 Конструювання дозатора для сипких продуктів	30
3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОЗАТОРА	42
Висновки	47
Список використаних джерел	49
Додатки	52

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сипкі продукти відіграють важливу роль у різних галузях промисловості завдяки своїм фізико-хімічним властивостям, що дозволяють ефективно їх використовувати в харчовій, будівельній, хімічній, фармацевтичній та інших сферах. Вони можуть мати різноманітний гранулометричний склад, насипну щільність, вологість та інші характеристики, що впливають на їхню поведінку під час транспортування, зберігання та дозування.

Однією з ключових проблем при роботі з сипкими продуктами є необхідність точного відмірювання та подачі заданої кількості матеріалу. Для цього використовуються спеціальні дозатори, які забезпечують рівномірний потік продукту, зменшують похибку дозування та сприяють підвищенню якості кінцевого виробу. Впровадження автоматизованих систем дозування дозволяє оптимізувати виробничі процеси, знизити втрати сировини та підвищити безпеку праці.

Розвиток сучасних технологій у сфері дозування спрямований на створення універсальних і точних пристроїв, які можуть працювати з різними типами сипких матеріалів. Це включає шнекові, гравітаційні, об'ємні та інші типи дозаторів, що використовуються залежно від специфіки матеріалу та умов виробництва.

Дослідження властивостей сипких продуктів та розробка ефективних дозаторів є важливими завданнями, що сприяють підвищенню продуктивності та економічної ефективності промисловості. У цьому розділі розглянуто основні сфери застосування сипких продуктів, їхні фізико-хімічні характеристики та обґрунтовано необхідність впровадження дозаторів у сучасне виробництво.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Сфери використання і властивості сипких продуктів. обґрунтування доцільності впровадження дозаторів

Сипкі продукти – це матеріали, що складаються з дрібних частинок, які можуть вільно переміщуватися одна відносно одної. Вони мають такі характеристики:

- Гранулометричний склад – визначає розміри та форму частинок (порошок, гранули, кристали).
- Насипна щільність – відношення маси продукту до його об'єму у сипкому стані.
- Текучість – здатність сипучого матеріалу вільно пересипатися.
- Вологість – місткість води в сипучому продукті, що впливає на злежуваність і злипання.
- Схильність до утворення пилу – важливий фактор для безпеки на виробництві.
- Гігроскопічність – здатність поглинати вологу з повітря.
- Злежуваність – можливість частинок склеюватися під дією вологості або тиску.

Сипкі продукти використовуються в ряді галузей. Однією з розповсюджених є харчова промисловість. Дозатори використовуються для пакування таких продуктів, як борошно, цукор, сіль, крупи, спеції, какао-порошок. Також вони використовуються у випічці, кондитерських виробках, виробництві напівфабрикатів. Важливі при транспортуванні та зберіганні.

В галузі сільського господарства галузь використання розглядає добрива, комбікорми, зерно, пісок для тваринництва. Також використовуються для підживлення рослин та годування тварин.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

В будівельній галузі до сипких матеріалів відносять цемент, пісок, гравій, вапно, гіпс. Застосовуються у виготовленні бетонів, штукатурних сумішей, оздоблювальних матеріалів.

В хімічній промисловості до сипких матеріалів відносять реагенти, порошки, добрива, каталізатори. Дозатори використовують у виробництві пластмас, фарб, косметики.

В металургії до подібних матеріалів можна віднести металеві порошки для порошкової металургії, які використовуються у виробництві сплавів, деталей, електродів.

Фармацевтична промисловість використовує порошкові ліки, біодобавки, які важливі для створення таблеток, капсул, порошкових сумішей.

В сфері енергетики до сипких продуктів відносять вугільний пил, паливні гранули, біопаливо. Ці компоненти використовуються для виробництва теплової та електричної енергії.

Сипкі продукти мають широкий спектр застосування завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям, що дозволяє ефективно використовувати їх у різних галузях.

Для точного відмірювання кількості сипкого продукту слугують дозатори.

Дозатор сипких продуктів – це пристрій, призначений для точного відмірювання та подачі сипучих матеріалів у заданих кількостях. Він використовується в харчовій, хімічній, будівельній та інших галузях промисловості для дозування порошків, гранул, зерна, цукру, борошна, цементу тощо.

Зовнішній вигляд деяких дозаторів наведений на Рисунок 1.1

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 Дозатори сипких продуктів

Дозатори сипких продуктів забезпечують точне дозування матеріалів, що критично важливо для виробництва у харчовій, хімічній, будівельній та фармацевтичній галузях. Вони зменшують похибку при зважуванні та розподілі матеріалів, що сприяє якості кінцевого продукту.

Автоматизовані дозатори мінімізують перевитрати сировини, що дозволяє економити матеріали та зменшувати виробничі витрати. Це особливо важливо при роботі з дорогими компонентами.

Використання дозаторів підвищує швидкість роботи обладнання, усуває необхідність у ручному дозуванні, що дозволяє прискорити виробничий цикл і збільшити продуктивність.

Автоматизація дозування зменшує контакт працівників із сипкими матеріалами, що знижує ризики забруднення продуктів та покращує умови праці.

Ручне дозування може спричинити помилки або травматизм через постійний контакт із пиловими частинками чи важкими вантажами. Автоматизовані дозатори знижують вплив людського фактора, що покращує безпеку працівників.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Сучасні дозатори можуть працювати з різними сипкими матеріалами (цукор, борошно, зерно, цемент, порошки) і налаштовуватися під конкретні вимоги виробництва, що робить їх універсальними для багатьох галузей.

Створення дозаторів сипких продуктів є доцільним з точки зору підвищення ефективності виробництва, економії ресурсів, покращення якості продукції та безпеки працівників. Це інноваційне рішення, яке відповідає вимогам сучасного ринку.

Основні проблеми, що гальмують впровадження дозаторів сипких продуктів, можна сформулювати наступним чином.

Сипкі продукти можуть мати різну фракцію, вологість і щільність, що ускладнює їх рівномірне дозування. Наприклад, порошкоподібні речовини можуть злежуватися, а гранульовані – розшаровуватися, що впливає на точність подачі.

При роботі з дрібнодисперсними сипкими матеріалами (борошно, цемент, крохмаль) утворюється пил, який може засмічувати механізми дозатора, знижувати його ефективність та створювати ризик забруднення довкілля або вибухонебезпечну ситуацію.

Деякі сипкі продукти мають схильність до злежування та налипання на поверхні дозатора (наприклад, волога сіль або цукрова пудра). Це може спричинити нерівномірний потік і необхідність регулярного очищення механізму.

У деяких галузях (фармацевтична, харчова промисловість) точність дозування має критичне значення. Будь-яке відхилення може впливати на якість продукції або навіть безпеку споживачів. Досягнення стабільної високої точності є технічно складним завданням.

Дозатори мають працювати у складі автоматизованих ліній, що потребує розробки складного програмного забезпечення та адаптації системи керування під специфіку підприємства.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При постійному контакті із сипкими матеріалами деталі дозаторів (шнеки, клапани, лопатки) швидко зношуються, особливо при роботі з абразивними речовинами (цемент, пісок, кормові добавки). Це потребує використання зносостійких матеріалів та регулярного технічного обслуговування.

Розробка універсального дозатора, який би ефективно працював з різними сипкими матеріалами, є складним завданням. Деякі продукти вимагають різних принципів подачі (шнековий, вібраційний, гравітаційний), що ускладнює конструкцію.

Створення надійного дозатора вимагає значних витрат на дослідження, тестування та впровадження. Використання високоякісних матеріалів та сенсорних технологій також підвищує кінцеву вартість обладнання.

Процес створення дозаторів сипких продуктів супроводжується низкою технічних і технологічних викликів. Для їх успішного подолання необхідно враховувати властивості сипких матеріалів, забезпечувати високу точність дозування, впроваджувати ефективні системи пиловловлення та розробляти зносостійкі конструкції.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Основні конструктивні схеми дозаторів сипких продуктів

Дозатори сипких матеріалів поділяються за принципом дії та конструктивними особливостями. Можна виділити такі основні типи конструкцій.

Гравітаційні - це тип дозаторів сипких матеріалів, які працюють на основі сили тяжіння. Вони використовують природний потік матеріалу під дією власної ваги без застосування додаткових механічних подач.

Принцип роботи заснований на тому, що матеріал подається в дозатор із бункера або силосу, проходить через спеціальну дозувальну камеру та регульований випускний отвір, що контролює кількість дозованого продукту. Загальний принцип роботи пояснюється схемою (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 Принцип роботи гравітаційного дозатора

Порядок роботи гравітаційного дозатора складається в наступному:

1. Сипкий матеріал надходить у бункер.
2. Заслінка або клапан регулює потік матеріалу.
3. Матеріал сиплеться вниз під дією сили тяжіння.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Вагова або об'ємна система контролює масу продукту.
5. Коли задані маса або об'єм досягнуті, клапан закривається.

Ця схема проста, надійна та використовується для зерна, цукру, круп та інших сипких продуктів. Дозування відбувається під дією сили тяжіння, без використання механічних подач. Конструкція включає бункер для сипкого матеріалу, випускний отвір з регульованим клапаном або заслінкою, вимірювальну систему.

Переваги гравітаційних дозаторів складаються в простоті конструкції, відсутності рухомих механізмів, наслідком чого є низька зношуваність, енергоефективності.

Недоліки гравітаційних дозаторів складаються в обмеженій точності дозування, залежності від властивостей сипкого матеріалу (можливе зависання).

Подібні дозатори використовують для дозування зерна, круп, гранульованих матеріалів у харчовій та аграрній промисловості.

Можливий вигляд гравітаційного дозатора наведений на рисунку 1.3

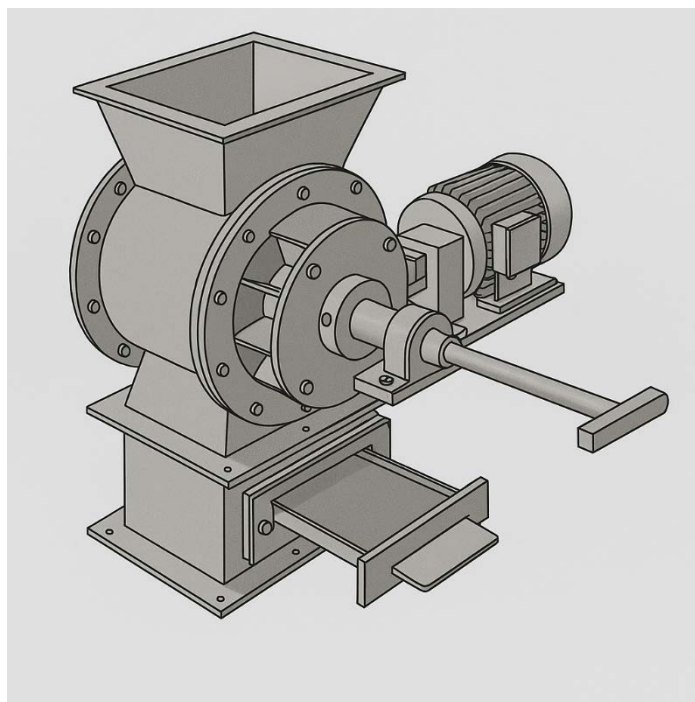


Рисунок 1.3 Можливий вигляд гравітаційного дозатора.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

В вібраційних дозаторах подача матеріалу здійснюється через вібрацію лотка або жолоба. Загальна схема роботи такого дозатора наведена на рисунку 1.4.

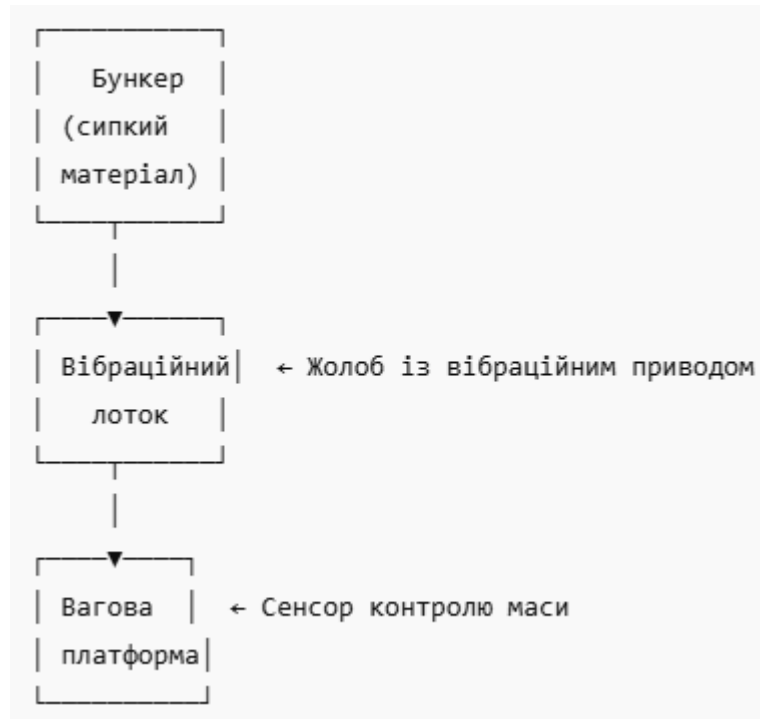


Рисунок 1.4 Схема роботи вібраційного дозатора

Порядок роботи такого дозатора складається в наступному:

1. Матеріал подається у бункер.
2. Вібраційний лоток або жолоб отримує коливальні рухи від електромагнітного або механічного вібратора.
3. Завдяки вібрації сипкий матеріал рівномірно подається вперед.
4. Вагова система або таймер контролює кількість матеріалу, що подається.
5. При досягненні необхідної дози подача зупиняється.

Цей тип дозатора підходить для порошків, гранул і сипких харчових продуктів (цукор, спеції, кава).

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція дозатора включає бункер, вібраційний лоток або жолоб, електромагнітний або механічний вібратор, система регулювання інтенсивності вібрації.

Переваги такого дозатору складаються в тому, що при його використанні забезпечується рівномірна подача сипких матеріалів, висока точність дозування, мінімальний контакт з рухомими частинами, в результаті забезпечується менший знос.

Недоліки вібраційних дозаторів – це те, що підвищується енергоспоживання через використання вібратора. Крім того, можливе пиловиділення при роботі з дрібнодисперсними матеріалами.

Застосування вібраційних вібраторів передбачає дозування порошкових речовин, сипких харчових продуктів (сіль, цукор, кава, спеції).

В шнекових дозаторах дозування здійснюється за допомогою обертання гвинтового шнека. Схема роботи такого дозатора показана на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 Схема роботи шнекового дозатора

Порядок роботи шнекового дозатора складається в наступному:

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Сипкий матеріал надходить у бункер.
  2. Обертовий шнек (гвинт) рівномірно транспортує матеріал до вихідного отвору.
  3. Швидкість обертання шнека контролюється двигуном для точного дозування.
  4. Матеріал подається у приймальний контейнер або пакувальну лінію.
- Конструкція дозатора включає бункер, обертовий шнек, двигун з системою регулювання швидкості, випускний отвір.

До переваг шнекового дозатора можна віднести високу точність дозування, можливість роботи з різними сипкими матеріалами, включаючи порошки, контроль швидкості подачі.

Недоліки шнекових дозаторів – це Високий ступінь зношування шнека, можливість злежування матеріалу.

Шнекові дозатори використовуються в фармацевтичній, хімічній та харчовій промисловості (борошно, порошкові суміші, корми, цемент).

Стрічкові (конвеєрні) дозатори – в таких пристроях матеріал подається конвеєрною стрічкою, швидкість якої регулюється для точного дозування.

Конструкція такого дозатора включає бункер з подаючим механізмом, стрічковий конвеєр, електродвигун із регулятором швидкості, вагову або об'ємну систему контролю.

Перевагами даного дозатору є велика продуктивність, можливість дозування важких і абразивних матеріалів, мінімальне пошкодження гранульованих продуктів.

Недоліки такої конструкції це велика площа для встановлення, потреба в постійному обслуговуванні стрічки та двигуна.

Застосовується в будівельній та сільськогосподарській промисловості (пісок, гравій, комбікорми).

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для об'ємних дозаторів дозування здійснюється шляхом подачі фіксованого об'єму матеріалу.

Порядок роботи цього дозатора включає такі етапи.

Матеріал надходить у бункер. Дозувальна камера (або обертовий ротор із комірками) наповнюється заданим об'ємом продукту. При обертанні або відкритті механізму матеріал вивантажується через випускний отвір. Процес повторюється циклічно для подальших доз.

Схема роботи такого дозатора наведена на рисунок 1.6.

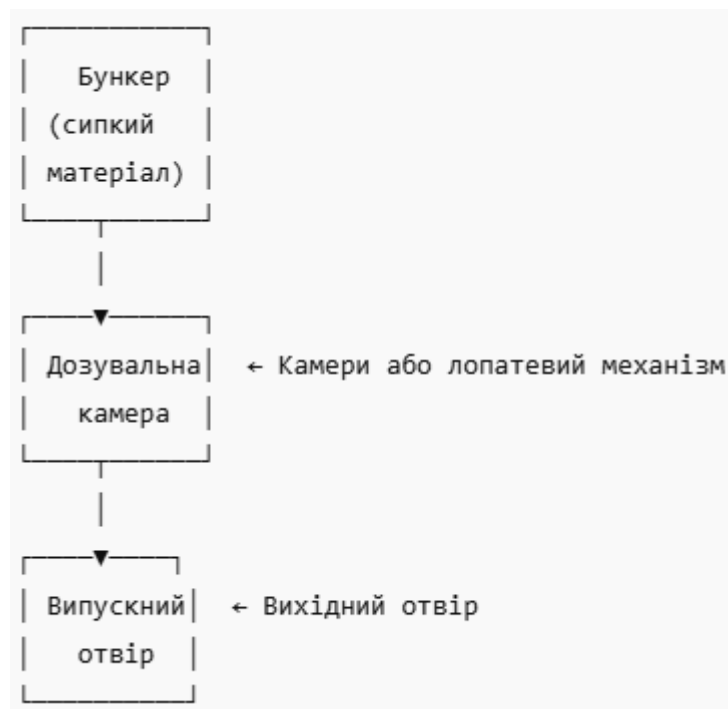


Рисунок 1.6 Схема роботи об'ємного дозатора

В конструкції дозатора присутній бункер, об'ємний дозуючий механізм (лопатевий, камерний або роторний), випускний отвір.

переваги такого дозатора включають наступні риси: простота та надійність, висока продуктивність, підходить для крупних фракцій.

Недоліки такої системи включають обмежену точність (залежність від щільності матеріалу). Можливе злежування матеріалу в камерах. Такі системи застосовуються для дозування гранул, кормів, сухих сумішей.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір конструктивної схеми дозатора залежить від характеристик сипкого матеріалу, необхідної точності та умов експлуатації. Гравітаційні та об'ємні дозатори підходять для простих випадків, тоді як шнекові, вібраційні та стрічкові використовуються для точного та рівномірного дозування в складних виробничих процесах.

Надалі розглянемо більш докладно гравітаційні об'ємні дозатори сипких продуктів.

Гравітаційні дозатори використовують силу тяжіння для подачі сипких матеріалів без додаткових механічних елементів. Вони прості, надійні та широко застосовуються в різних галузях промисловості.

Порядок роботи їх включає наступні етапи:

1. Сипкий матеріал надходить у бункер.
2. Клапан або заслінка відкривається, регулюючи потік матеріалу.
3. Матеріал сиплеться у тару або на вагову платформу.
4. Коли заданий об'єм досягнутий, клапан закривається.

Серед інших виділимо дозатор із шиберною заслінкою.

Конструкція такого дозатору включає регулювання, яке може бути ручним або автоматичним.

Це найпростіший варіант конструкції, що передбачає низьку вартість і надійність.

Недоліки такої конструкції – це низька точність дозування. Дозатор підходить тільки для крупних або гранульованих матеріалів. Застосовуються для дозування зерна, комбікорму, гранул.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

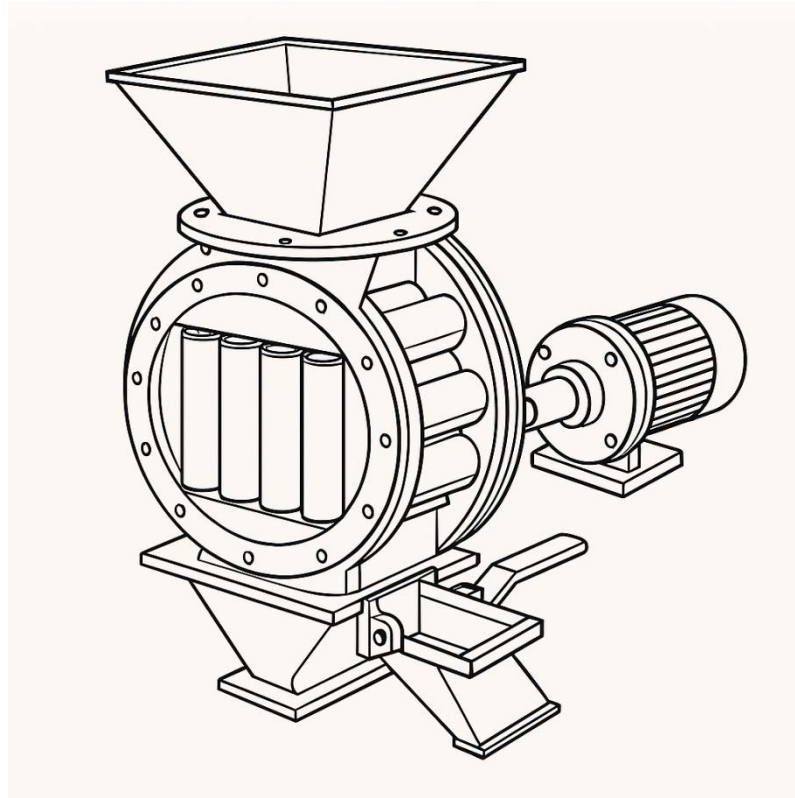


Рисунок 1.6 Дозатор з шиберною заслінкою

Дозатор із дросельним клапаном включає наступні етапи функціонування. Потік матеріалу регулюється обертовим дросельним клапаном. Клапан може змінювати кут відкриття для контролю швидкості подачі.

В такій конструкції відбувається кращий контроль потоку матеріалу, зменшується пилотвілення.

З іншого боку такий дозатор потребує точного налаштування. Можливе залипання дрібнодисперсних продуктів.

Застосування передбачає дозування борошна, цементу, крохмалю, порошкоподібних матеріалів.

Дозатор із обертовим секторним клапаном – це пристрій, що використовується для дозованої подачі сипучих або гранульованих матеріалів. Він складається з корпусу та обертового клапана секторного типу, який регулює потік матеріалу.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

В такому дозаторі Клапан у вигляді обертового сектора відкриває випускний отвір дозатора частково або повністю.

Його перевагами є те, що він дозволяє плавне регулювання потоку. Підходить для різних фракцій сипких продуктів.

З іншого боку в такому дозаторі механізм складніший, ніж у шибєрного дозатора, потребує періодичного очищення.

Застосовується для дозування добрив, цукру, сипучих сумішів.

В гравітаційному дозаторі із ваговим контролем дозуючий пристрій працює у поєднанні з ваговою системою, яка автоматично контролює подачу.

для таких дозаторів характерна висока точність дозування, автоматичне відключення при досягненні заданої маси.

Недоліки такої конструкції - вища вартість через сенсори та електроніку. Система потребує регулярного калібрування.

Такі системи застосовуються в фармацевтичній та харчовій промисловості.

Гравітаційні дозатори мають різні конструктивні варіанти залежно від вимог до точності та типу сипкого матеріалу. Вибір залежить від специфіки застосування:

- Прості шибєрні заслінки – для крупних матеріалів (зерно, комбікорм).
- Дросельні клапани – для порошків (борошно, цемент).
- Обєртові клапани – для універсального використання.
- Вагові гравітаційні дозатори – для максимально точної подачі.

Прості шибєрні заслінки передбачають схему роботи, показану на Рисунок 2.7.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 Схема роботи дозатора з шиберною заслінкою

Для такої конструкції робота починається з того, що сипкий матеріал знаходиться в бункері. Шиберна заслінка закриває або відкриває випускний отвір, регулюючи потік. У відкритому положенні матеріал під дією сили тяжіння проходить через отвір. Положення заслінки можна фіксувати на певному рівні для обмеження потоку.

Можна відзначити наступні конструктивні особливості такого дозатора.

Шиберна заслінка – металева або полімерна пластина, що рухається горизонтально або вертикально.

Фіксатор положення – дозволяє встановити заслінку на певному рівні.

Механізм управління – ручний (важіль, гвинт) або автоматичний (пневмопривід).

Переваги такого дозатору включають простоту конструкції, надійність і довговічність, відсутність складних механізмів.

Недоліки цього дозатора: низька точність дозування, обмежене використання для дрібнодисперсних матеріалів

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування такого дозатора передбачає зерно, крупи, гранули, пісок, добрива.

Можлива схема дозатора з шиберною заслінкою наведена на рисунку 2.8.

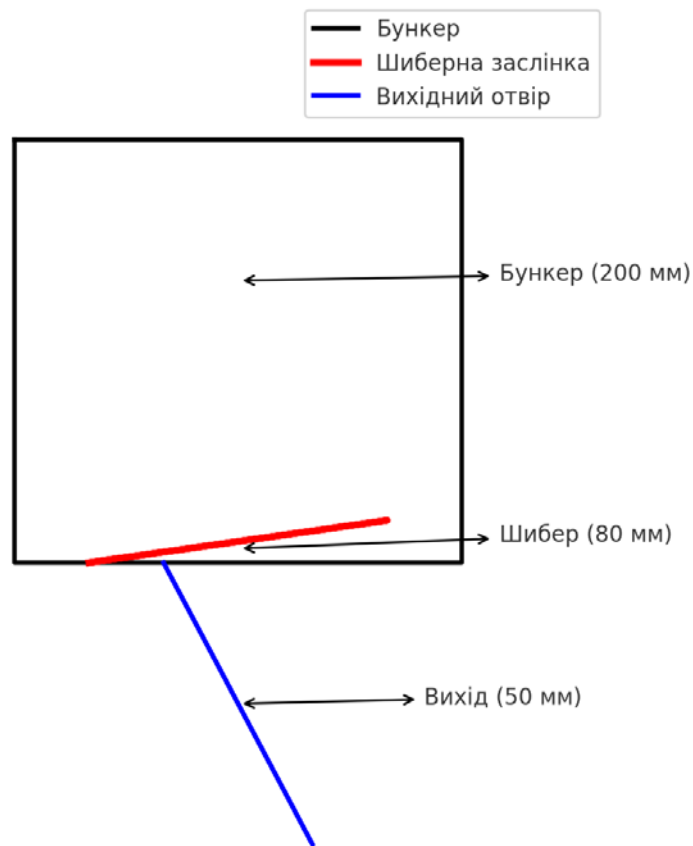


Рисунок 2.8 Дозатор з шиберною заслінкою

Гравітаційний дозатор із шиберною заслінкою призначений для регулювання подачі сипких матеріалів під дією сили тяжіння. Він використовується в різних галузях промисловості, таких як харчова, хімічна, сільськогосподарська та будівельна.

Основні елементи конструкції включають наступні частини. Бункер (або живильник) – резервуар, з якого сипкий матеріал подається в дозатор. Шиберна заслінка – рухомий елемент, що регулює переріз випускного отвору та керує потоком матеріалу. Привід заслінки – механізм для переміщення шибера

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(ручний, пневматичний, електричний або гідравлічний). Випускний патрубок – місце виходу дозованого матеріалу. Рама або корпус – підтримує конструкцію і забезпечує жорсткість.

Порядок роботи такого дозатора включає такі етапи.

Заповнення, при цьому сипкий матеріал потрапляє у верхню частину дозатора (бункер) під дією гравітації.

Регулювання потоку. При цьому шиберна заслінка знаходиться у закритому положенні, коли подача не потрібна. При відкритті заслінки утворюється контрольований прохід для сипкого матеріалу. Ступінь відкриття заслінки регулює швидкість і об'єм подачі.

Випуск матеріалу. В процесі цього етапу матеріал проходить через дозуючий отвір і виходить через випускний патрубок. Якщо потрібно припинити подачу, шиберна заслінка закривається.

Зупинка подачі. При повному закритті заслінки потік матеріалу припиняється, запобігаючи надмірному витоку.

Переваги гравітаційного дозатора із шиберною заслінкою:

- Простота конструкції – не потребує складного механічного приводу.
- Надійність у роботі – мінімальна кількість рухомих частин.
- Ефективне регулювання подачі – можливість зміни витрати матеріалу.
- Універсальність – підходить для різних типів сипких продуктів.

Такий дозатор широко використовується у виробництві цементу, комбікормів, сипких харчових продуктів та інших матеріалів, де важливо точне дозування без використання додаткової енергії.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунки при створенні гравітаційного дозатора із шиберною заслінкою

При проектуванні гравітаційного дозатора важливо провести низку розрахунків, щоб забезпечити його ефективну роботу та точне дозування сипкого матеріалу.

#### Розрахунок продуктивності дозатора

Продуктивність дозатора визначається за формулою:

$$Q = v \cdot A \cdot \rho$$

де:

- $Q$  – продуктивність дозатора (кг/год або м<sup>3</sup>/год),
- $v$  – швидкість потоку матеріалу (м/с),
- $A$  – площа отвору шиберної заслінки (м<sup>2</sup>),
- $\rho$  – насипна густина матеріалу (кг/м<sup>3</sup>).

#### Визначення швидкості потоку сипкого матеріалу

Швидкість сипкого матеріалу залежить від висоти падіння та його фізичних характеристик. Для її оцінки використовується рівняння вільного падіння:

$$v = \sqrt{2gh}$$

де:

- $g$  – прискорення вільного падіння (9.81 м/с<sup>2</sup>),
- $h$  – висота падіння матеріалу (м).

#### Розрахунок площі отвору шиберної заслінки

Площа відкритого отвору дозатора визначається залежно від необхідної подачі матеріалу та його швидкості:

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = \frac{Q}{v \cdot \rho}$$

Визначення сили, необхідної для переміщення шиберної заслінки

Щоб визначити зусилля для переміщення заслінки, потрібно врахувати:

- вагу сипкого матеріалу, що тисне на заслінку,
- коефіцієнт тертя між шибером і стінками корпусу.

Розрахунок сили ковзання:

$$F = (\sigma \cdot A) + (\mu \cdot N)$$

де:

- $\sigma$  – тиск матеріалу на шибер (Па),
- $A$  – площа контакту матеріалу з шибером (м<sup>2</sup>),
- $\mu$  – коефіцієнт тертя між заслінкою і корпусом,
- $N$  – нормальна сила притискання шибера.

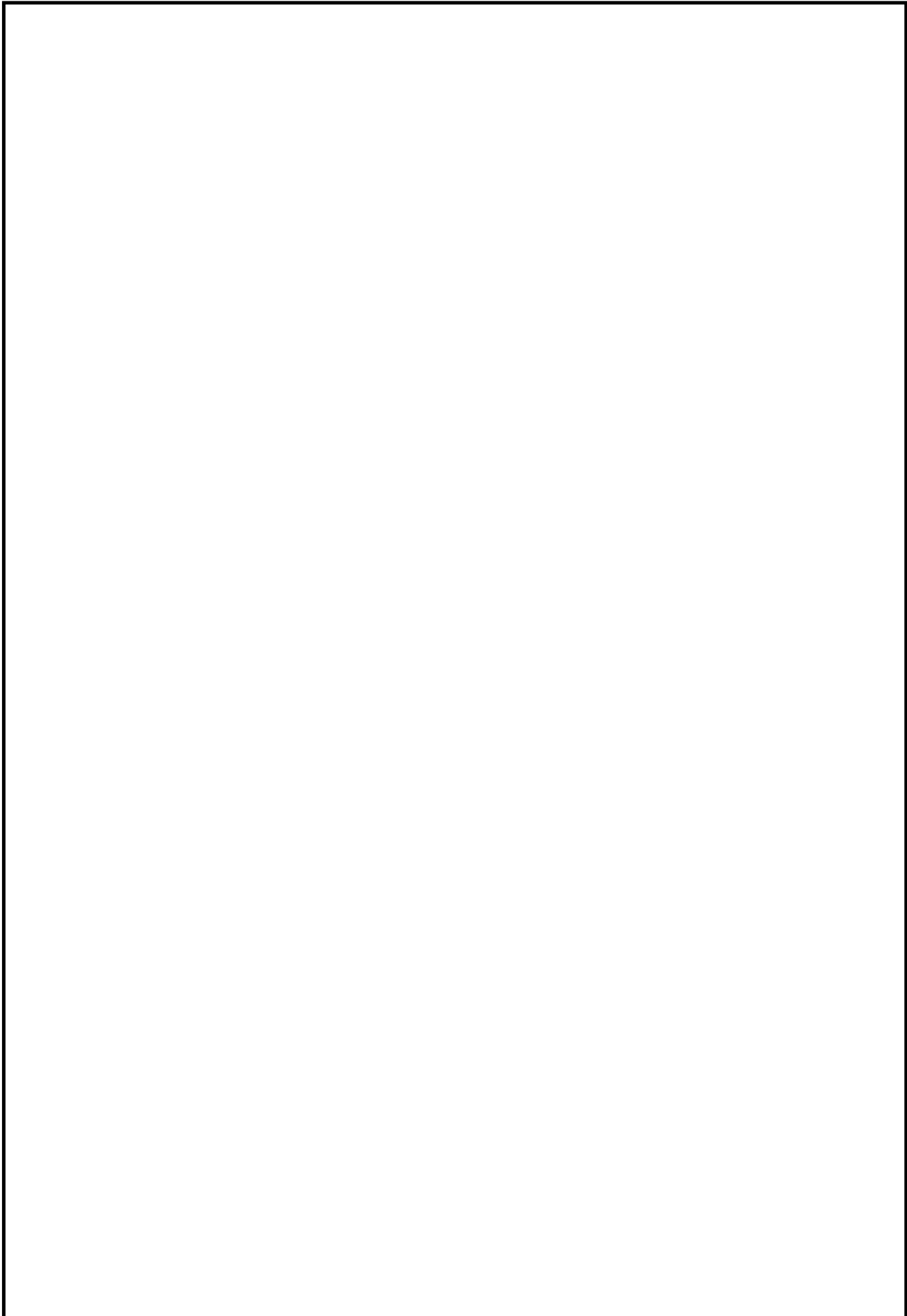
Визначення конструкційних параметрів

- Товщина шиберної заслінки – розраховується на міцність з урахуванням максимального навантаження.
- Матеріал корпусу і шибера – вибирається з урахуванням зносостійкості та взаємодії з сипкими матеріалами.
- Кут нахилу бункера – повинен бути достатнім для безперешкодного висипання матеріалу (зазвичай 45-60°).

При роботі з дрібнодисперсними матеріалами важливо оцінити можливість утворення пилу та необхідність додаткових фільтрів або пилоуловлювачів.

Розрахунки продуктивності, площі отвору, швидкості потоку та силового навантаження на шиберну заслінку дозволяють створити ефективний і надійний гравітаційний дозатор. Це забезпечить точне регулювання потоку сипкого матеріалу та мінімізацію втрат під час дозування.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



					<i>КРБ 0017.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		28

## 2.2 Роторний гравітаційний дозатор із шиберною заслінкою

Роторний гравітаційний дозатор із шиберною заслінкою використовується для рівномірного подавання та дозування сипких матеріалів під дією сили тяжіння. Він поєднує обертальний механізм (ротор) і регулюючий механізм (шиберна заслінка), що дозволяє гнучко контролювати потік матеріалу.

Основні елементи конструкції включають:

1. Бункер – резервуар, з якого матеріал подається у дозатор.
2. Ротор – обертальний диск із камерами (секторами), що забирає певний об'єм матеріалу та переносить його до випускного отвору.
3. Шиберна заслінка – рухомий механізм, що регулює ступінь відкриття випускного отвору, керуючи інтенсивністю подачі.
4. Привід ротора – може бути ручним, електричним або пневматичним, забезпечуючи стабільний обертальний рух.
5. Корпус – конструкційний елемент, що захищає внутрішні механізми від зовнішніх впливів.
6. Випускний патрубок – місце виходу дозованого матеріалу.

Принцип роботи такого дозатора передбачає таку послідовність.

- Заповнення ротора. Сипкий матеріал потрапляє у комірки ротора під дією сили тяжіння.
- Обертання ротора. Ротор обертається, переносячи порції матеріалу до випускного отвору. Кількість матеріалу, що подається, залежить від швидкості обертання ротора та розміру комірок.
- Регулювання подачі шиберною заслінкою. Шиберна заслінка змінює площу випускного отвору, дозволяючи точно контролювати інтенсивність вивантаження.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

○ Вивантаження матеріалу. Матеріал виходить через випускний патрубок у контрольованих дозах. Якщо подача не потрібна, заслінку можна повністю закрити.

Переваги роторного гравітаційного дозатора із шиберною заслінкою складаються в наступному.

- Точне дозування – можливість регулювати подачу матеріалу за допомогою комбінації швидкості обертання ротора та положення шиберної заслінки.
- Рівномірний потік – відсутність залипання та нерівномірної подачі матеріалу.
- Гнучке регулювання – зміна продуктивності без зупинки процесу.
- Надійність – проста та зносостійка конструкція.

Такі дозатори можуть використовуватись в таких галузях.

- Харчова промисловість (борошно, цукор, крупи).
- Будівельна галузь (цемент, гіпс, пісок).
- Хімічна та фармацевтична промисловість (порошки, добрива).
- Сільське господарство (комбікорми, зерно).

Роторний гравітаційний дозатор із шиберною заслінкою забезпечує стабільну та контрольовану подачу сипких матеріалів, що робить його ідеальним рішенням для багатьох промислових процесів.

При проектуванні роторного гравітаційного дозатора необхідно виконати кілька ключових розрахунків для забезпечення ефективної та стабільної роботи.

#### Розрахунок продуктивності дозатора

Продуктивність дозатора визначається об'ємом матеріалу, що проходить через ротор за одиницю часу:

$$Q = V_c \cdot n \cdot \rho$$

де:

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $Q$  – продуктивність дозатора (кг/год або м<sup>3</sup>/год),
- $V_c$  – об'єм однієї комірки ротора (м<sup>3</sup>),
- $n$  – частота обертання ротора (об/с),
- $\rho$  – насипна густина матеріалу (кг/м<sup>3</sup>).

Якщо комірок декілька (наприклад, 6), їхній вплив враховується множенням на кількість  $z$ :

$$Q = V_c \cdot n \cdot z \cdot \rho$$

Розрахунок об'єму комірки ротора

Об'єм однієї комірки визначається як:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4 \cdot z}$$

де:

- $D$  – внутрішній діаметр ротора (м),
- $h$  – висота комірки (м),
- $z$  – кількість комірок на роторі.

Розрахунок швидкості потоку через шиберну заслінку

Якщо подача матеріалу регулюється шиберною заслінкою, необхідно визначити швидкість витікання матеріалу через регульований отвір:

$$v = \sqrt{2gh}$$

де:

- $g$  – прискорення вільного падіння (9.81 м/с<sup>2</sup>),
- $h$  – висота шару сипкого матеріалу над заслінкою (м).

Розрахунок площі відкриття шиберної заслінки

Щоб визначити площу відкритого отвору для контролю потоку, використовують рівняння витрати:

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = \frac{Q}{v \cdot \rho}$$

де:

- $A$  – площа відкритого отвору заслінки ( $\text{м}^2$ ),
- $Q$  – необхідна витрата матеріалу ( $\text{м}^3/\text{с}$ ),
- $v$  – швидкість витікання матеріалу ( $\text{м}/\text{с}$ ),

Розрахунок силового навантаження на шиберну заслінку

Для визначення необхідного зусилля на шиберну заслінку потрібно оцінити тиск матеріалу:

$$F = P \cdot A + \mu \cdot N$$

де:

- $P$  – тиск сипкого матеріалу ( $\text{Па}$ ),
- $A$  – площа контакту сипкого матеріалу із заслінкою ( $\text{м}^2$ ),
- $\mu$  – коефіцієнт тертя між заслінкою і корпусом,
- $N$  – нормальна сила, що діє на шибер.

Розрахунок крутного моменту ротора

Щоб визначити потужність приводу ротора, потрібно розрахувати крутний момент:

$$M = F_r \cdot R$$

де:

- $M$  – крутний момент ( $\text{Н} \cdot \text{м}$ ),
- $F_r$  – сила, що діє на ротор ( $\text{Н}$ ),
- $R$  – радіус ротора ( $\text{м}$ ).

Потужність приводу визначається як:

$$P = M \cdot \omega$$

де:

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $\omega=2\pi n$  – кутова швидкість (рад/с),
- $P$  – потужність двигуна (Вт).

Розрахунки продуктивності, об'єму комірок, швидкості витікання матеріалу, площі відкриття шибєрної заслінки, а також силових та енергетичних характеристик допоможуть забезпечити оптимальну роботу роторного гравітаційного дозатора. Це дозволить налаштувати систему для рівномірної та точного дозування сипкого матеріалу.

					<i>КРБ 0017.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

### 2.3 Конструювання дозатора для сипких продуктів

Основна конструкція дозатора наведена а в додатку А (вид збоку) і Б (вид зверху)

Напівфабрикат сипкого матеріалу поміщається в велику ємність 1. При цьому всі конструктивні елементи разом з ємністю змонтовані на рамі 2. Знизу ємності розташовується круглий лист 3 з шістьма отворами для потрапляння сипкого продукту Додаток В. Цей лист має змогу обертатися навкруги осі дозатора. Кожний отвір продовжується циліндричним стаканом для часткового збереження продукту.

Кожен стакан цього листа входить з невеликим зазором в відповідний циліндричний стакан нижнього круглого листа 4 (Додаток Г), який теж має шість циліндричних елементів. Обидва листа мають змогу повертатися навкруги осі дозатора. Стакани нижнього листа знизу можуть закриватися заслінкою-шибером 5 (Додаток Д). Обидва листа при взаємному зчепленні мають змогу обертатися навколо вузла повороту 6 (Додаток Е).

При обертанні верхнього і нижнього листів сипкий матеріал з великої ємності потрапляє по чергово в стакани двох листів, зчеплених між собою. В основній фазі п'ять з шести стаканів закриті заслінкою шибером. При обертанні навколо вузла обертання один з шиберів потрапляє в направляючу і відкриває вихід для сипкого продукту, що наповнює відповідний стакан. Сипкий матеріал у відповідній дозі подається жолобом 7 до упаковки.

Залишки сипкого матеріалу з верхньої поверхні видаляються направляючими пластинами 8 і 9 (Додаток Б).

Вісь вузла повороту 10 (рисунок 2.1) може регулюватись по висоті. При цьому її опорна втулка 11 (рисунок 2.2) повертається 12, що закріплені на спеціальному гвинті 13 (рисунок 2.3). Для зручності регулювання використовують сферичні рукоятки 14 .

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		









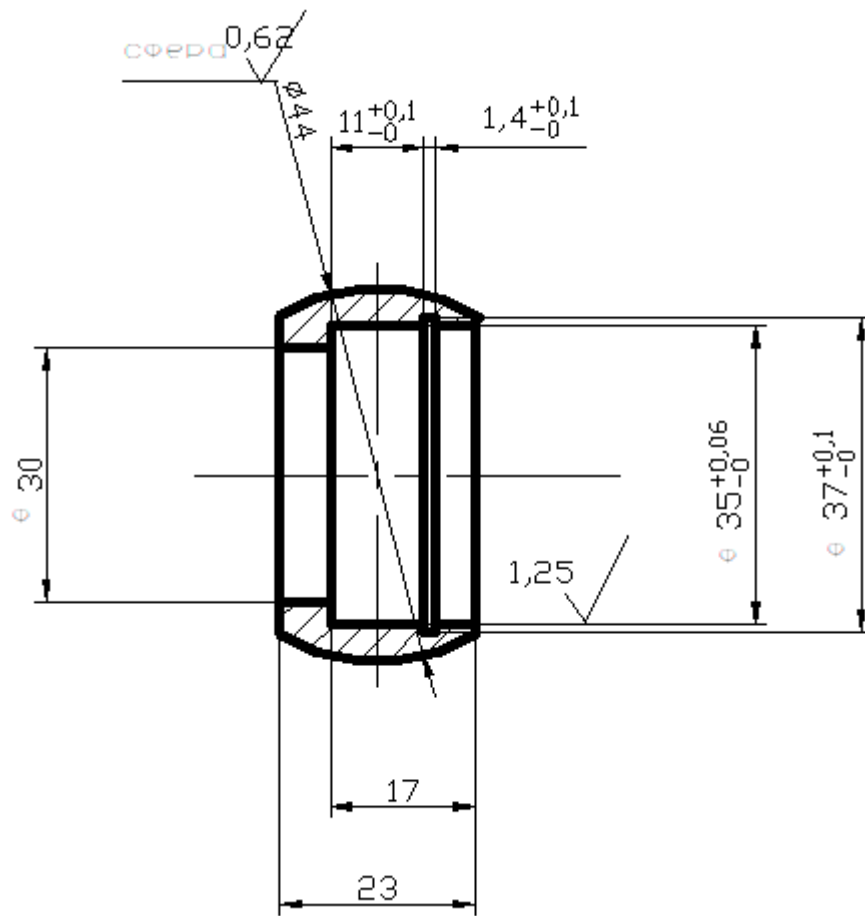
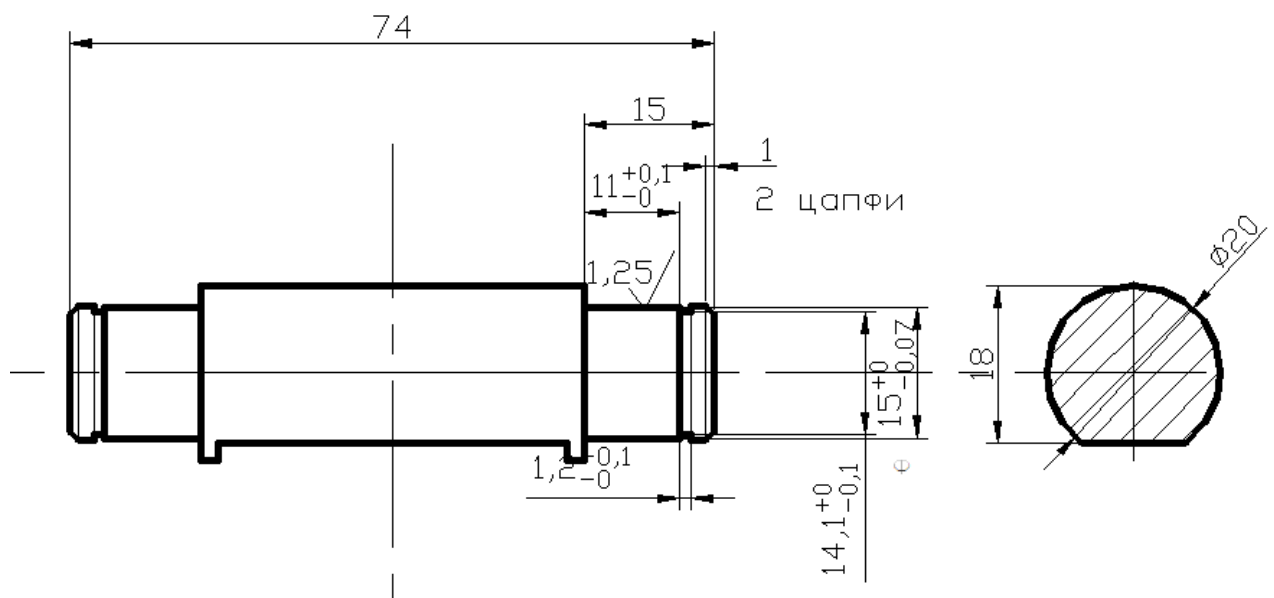


Рисунок 2.7 Колесо зі сферичною поверхнею



					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

## Рисунок 2.8 Вісь обертання шибера

Найбільш складною системою запропонованої конструкції є вузол обертання, креслення якого наведене в додатку Е.

Основою вузла є збірне кільце 1, креслення якого наведене на рисунок 2.9. До даного кільця закріплюються всі інші деталі, що формують вузол. Зокрема, у вузлі розміщується вісь 3, яка слугує опорою для обертання кілець з стаканами-дозаторами. Креслення цієї осі наведене на рисунок 2.10. Підшипниковий вузол цієї осі замикає кришка 4 (рисунок 2.11), що притягує підшипники до корпусу 5 (рисунок 2.12). З одного боку корпусу виконана площина (рисунок 2.13) для кріплення направляючої. Ця направляюча 6 (рисунок 2.14) є елементом, який перекидає шибера, відкриваючи вихід сипкого матеріалу. Її геометрія дуже відповідальна як для перекидання, так і повертання шибера в закрите становище. Статичний корпус вузла обертання 7 об'єднує деталі і слугує основою для регулювання вузла по висоті і, відповідно, регулювання об'єму дозування матеріалу (рисунок 2.15). З метою регулювання в ньому виконана спеціальна прямокутна різьба.

Поверхня, якою рухається колесо шибера формує металева пластина 10 (рисунок 2.16). Цю поверхню підтримують підпружинені вкладиші 9 (рисунок 2.17). Пружини 11 розташовуються на осях 11 (рисунок 2.18). Крайні вкладиші 13 мають додаткові отвори для кріплення направляючої перекидання шибера. В склад вузла обертання також входять стандартні деталі – підшипники, кільця, кріпильні елементи

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

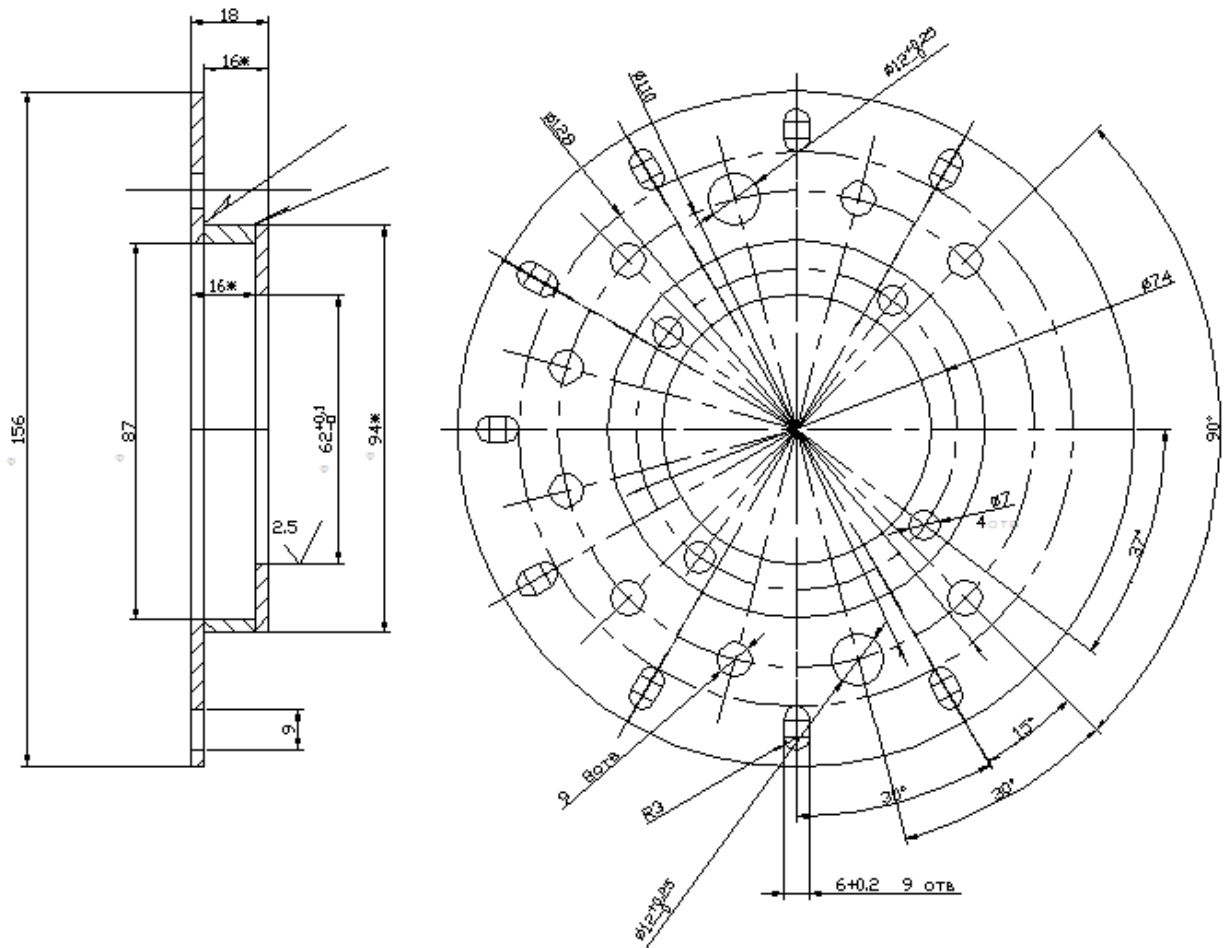
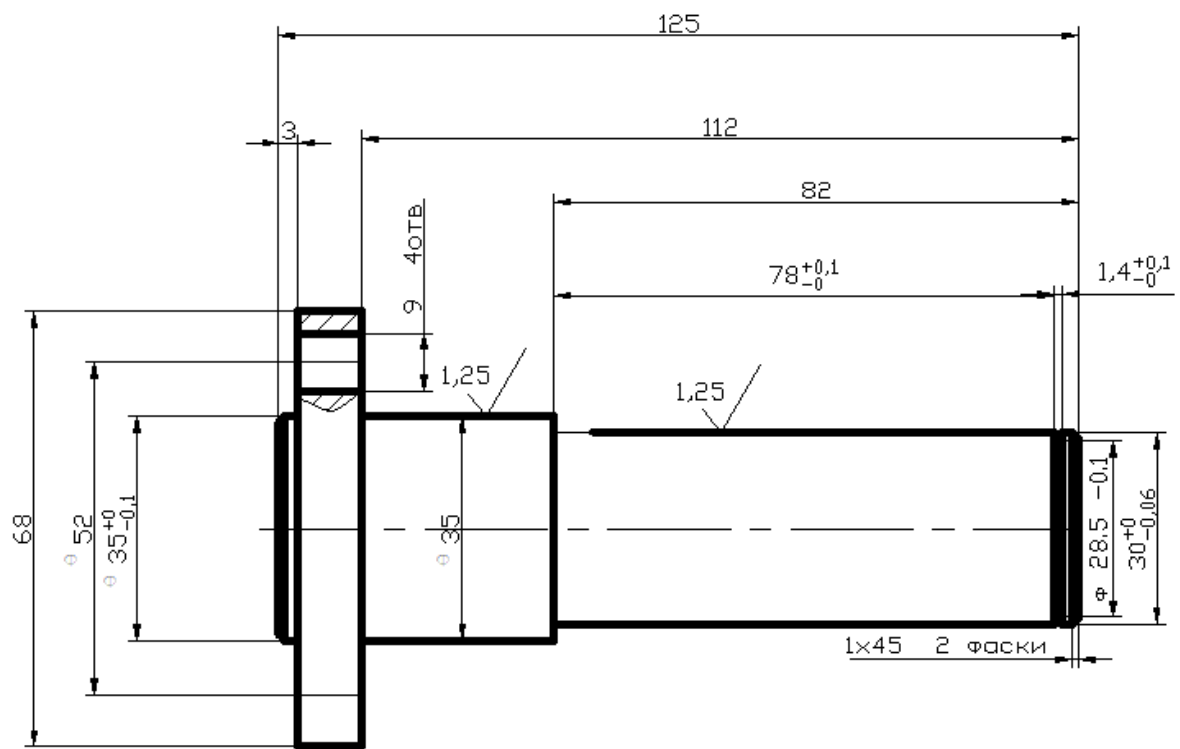


Рисунок 2.9 Кільце вузла обертання.



					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Рисунок 2.10 Головна вісь вузла обертання.

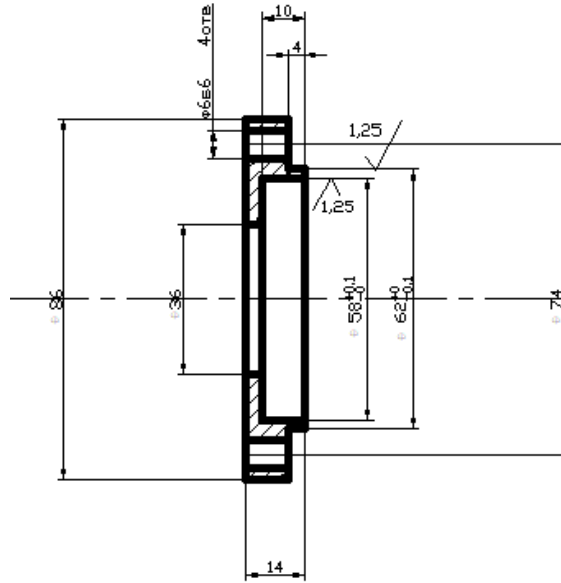


Рисунок 2.11 Кришка підшипникового вузла

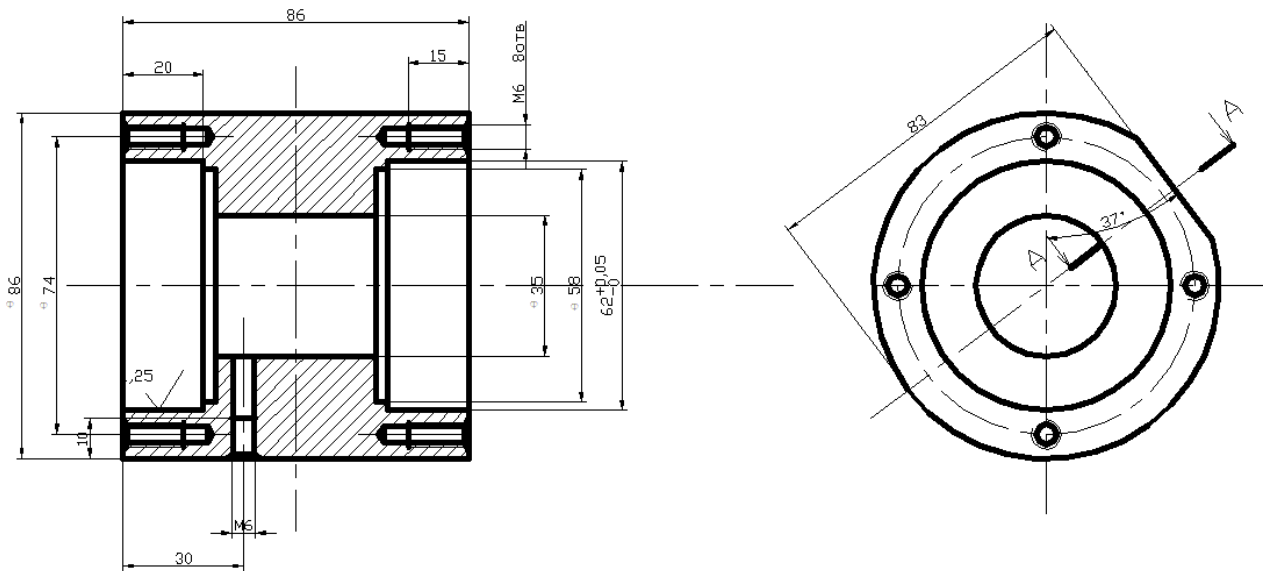


Рисунок 2.12 Корпус вузла обертання

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

A-A

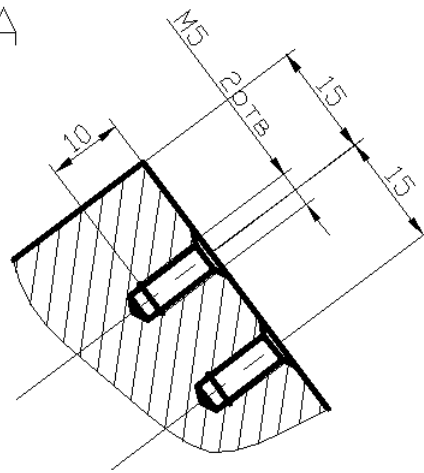


Рисунок 2.13 Площина для кріплення направляючої

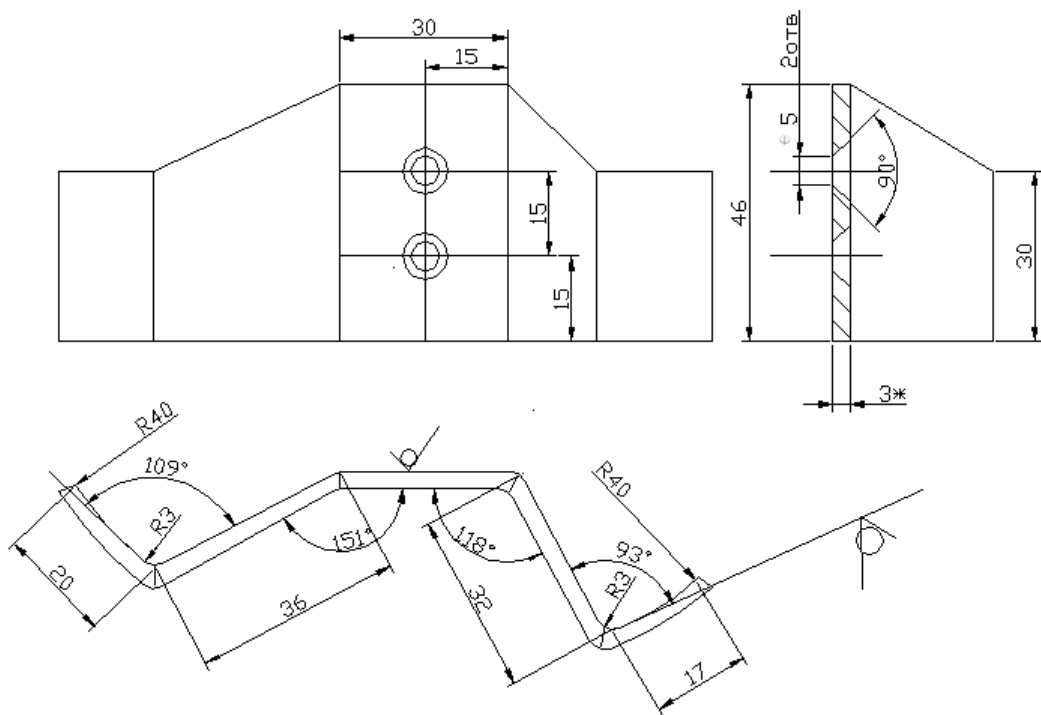


Рисунок 2.14 Направляюча для перекидання шибєру

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

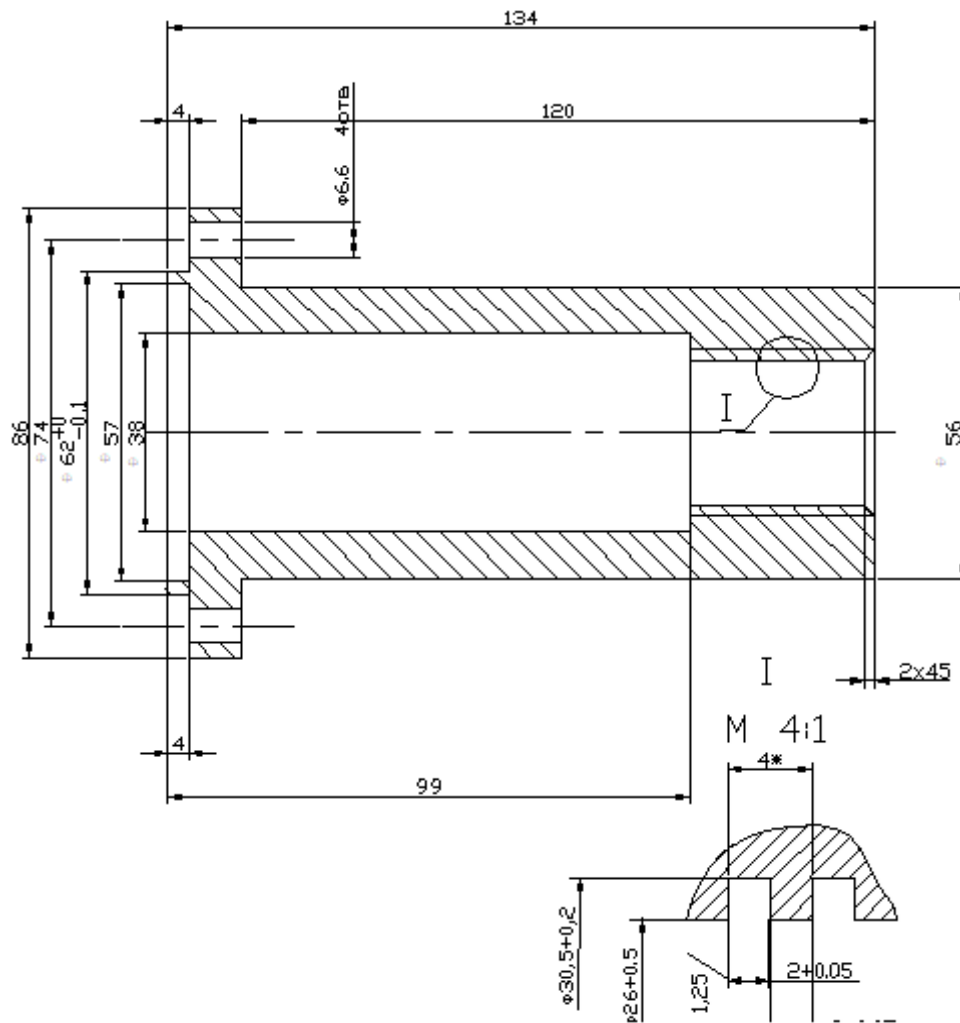


Рисунок 2.15 Статичний корпус шибера

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

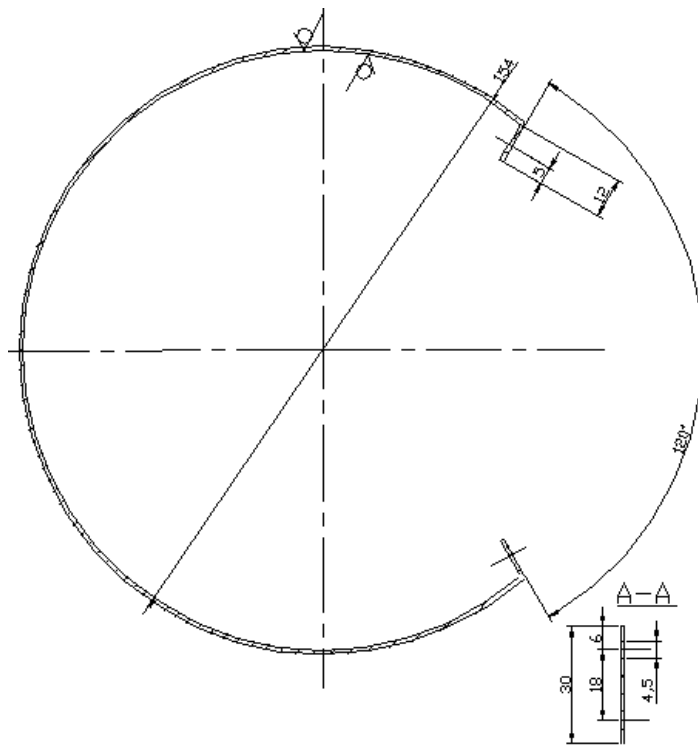


Рисунок 2.16 Поверхня ковзання коліс шибєру

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рисунок 2.18 Вісь пружини

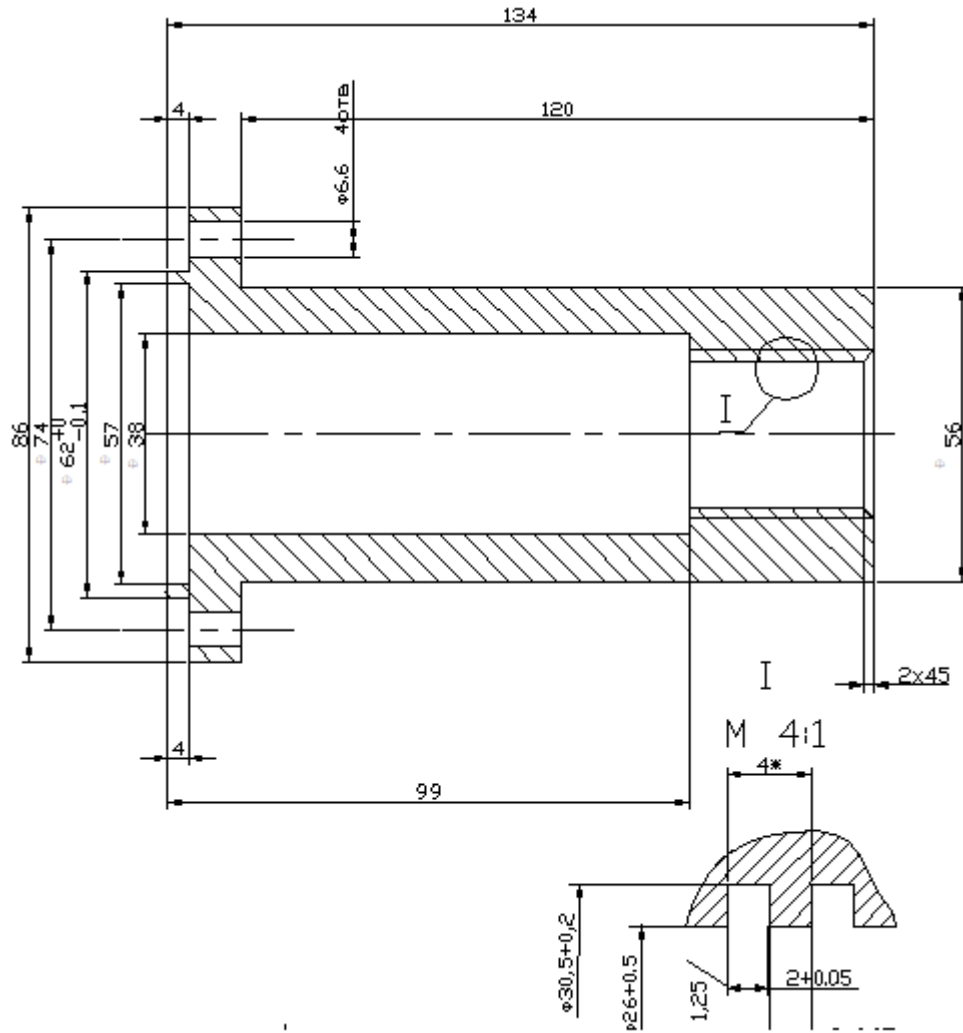


Рисунок 2.19 Статичний корпус вузла обертання

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

### 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОЗАТОРА

Найбільш навантаженим елементом дозатора є шибера, який механічно уявляє з себе Г подібну раму з двома шарнірними опорами (рисунок 2.1). Навантаження на горизонтальну частину рами визначається сипким матеріалом, що дозується. Розрахункова схема навантаження шибера має вигляд Рисунок 6.1.

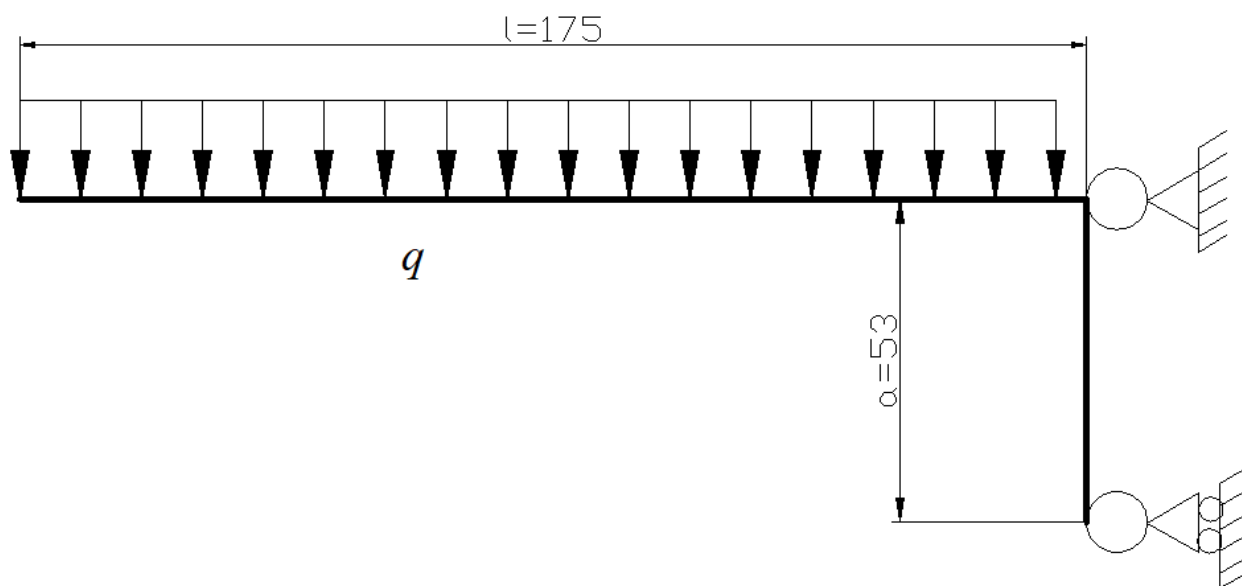


Рисунок 3.1 Розрахункова схема навантаження шибера

Врахуємо, що горизонтальна частина шибери в перерізі має вигляд прямокутника з розмірами  $b \times h = 40 \times 2$  мм. Момент інерції такого перерізу

$$J_{xz} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{40 \cdot 2^3}{12} \approx 27 \text{ мм}^4.$$

Вертикальна частина шибери має в перерізі вигляд круг діаметром  $D = 15$  мм. Момент інерції такого перерізу

$$J_{xb} = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 15^4}{64} \approx 2483 \text{ мм}^4.$$

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Для подальших розрахунків необхідно обчислити реакції опор. У випадку підшипників такі опори можна вважати шарнірними опорами. Сферичне опорне колесо можна вважати шарнірно рухомою опорою.

Схема для визначення реакцій може бути представлена як на рисунку 3.2.

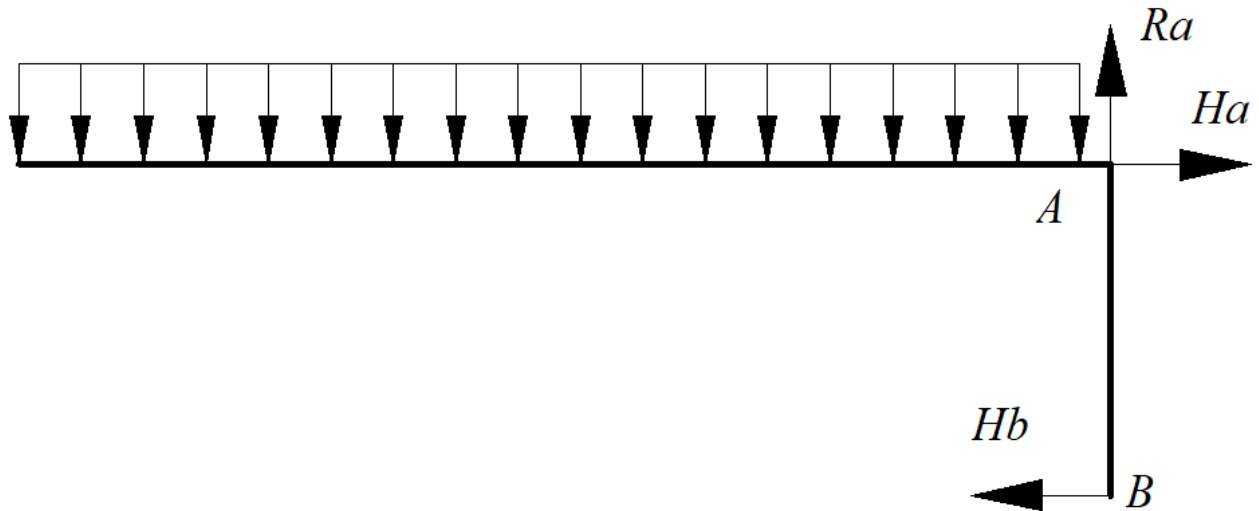


Рисунок 3.2 Реакції в опорах

Записуємо суму моментів відносно точки А

$$\sum M_A = \frac{q \cdot l^2}{2} - Hb \cdot a$$

Звідси можна знайти реакцію

$$Hb = \frac{q \cdot l^2}{2 \cdot a} = \frac{q \cdot 175^2}{2 \cdot 53} = 243q.$$

Записуємо суму проєкцій всіх сил на вертикальну вісь

$$\sum F_y = Ra - ql.$$

Звідки

$$Ra = q \cdot l = 175q.$$

Для побудови епюри моментів необхідно записати вирази по ділянкам. Для горизонтальної ділянки

$$M_{\epsilon} = \frac{q \cdot x^2}{2} = \begin{cases} x = 0,0 \\ x = l, \frac{q \cdot l^2}{2} \end{cases}$$

Для вертикальної ділянки

$$M_{\epsilon} = H_{\epsilon} \cdot x = \frac{q \cdot l^2}{2 \cdot a} x = \begin{cases} x = 0,0 \\ x = a, \frac{q \cdot l^2}{2} \end{cases}$$

Загальний вигляд епюри представлений на рисунок 3.3

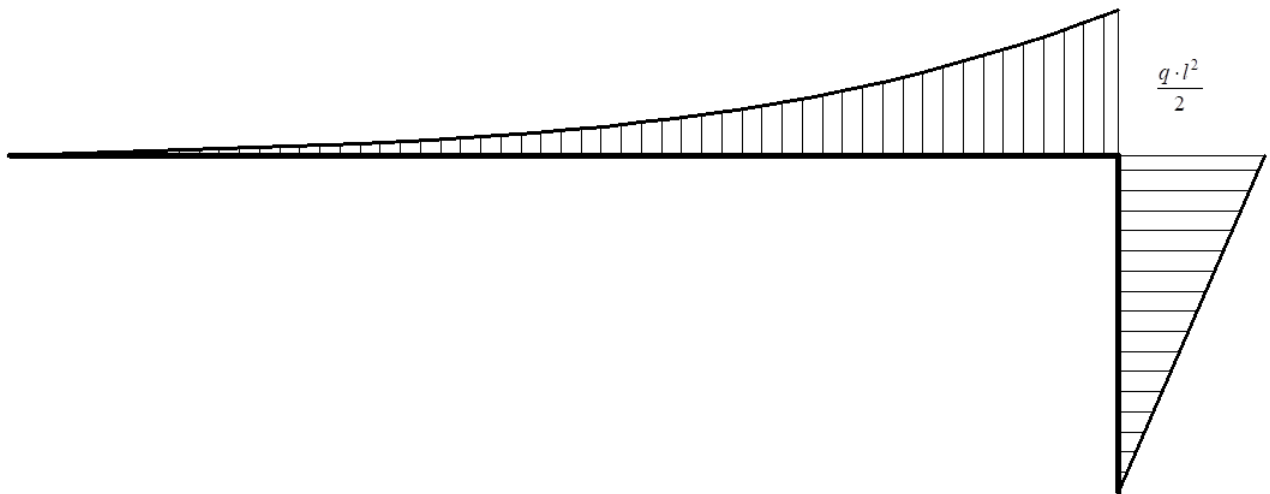


Рисунок 3.3 Епюра згинальних моментів від зовнішнього навантаження

Для подальших дій прикладаємо на кінці шибєру одиничну силу (рисунок 3.4)

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

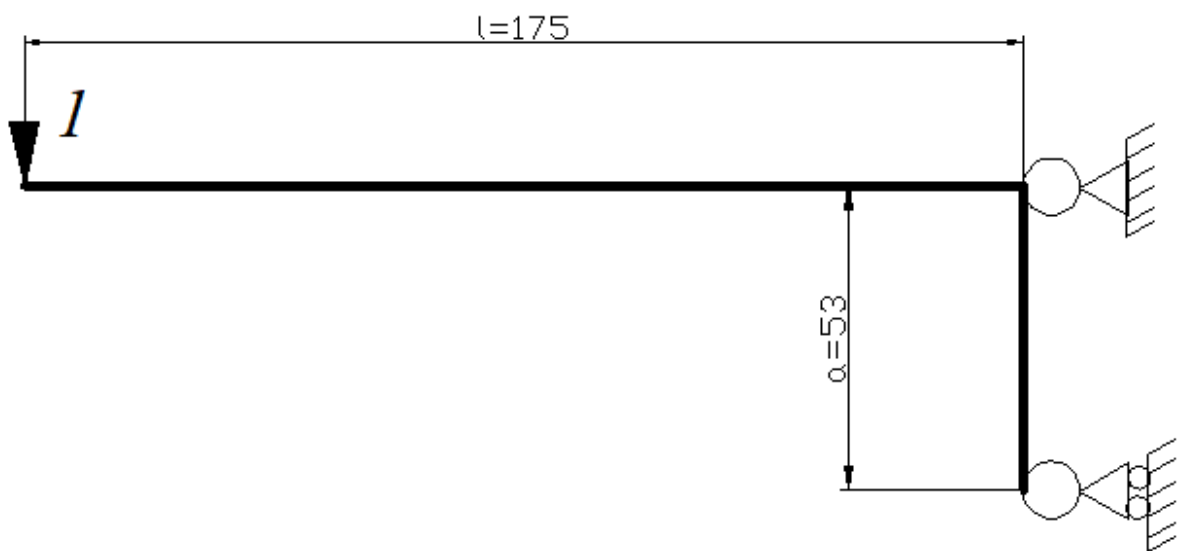


Рисунок 3.4 Навантаження одиничною силою

Система реакцій для такої системи показано на рисунку 3.5.

Виходячи з суми моментів відносно точки А

$$\sum M_A = 1 \cdot l - \bar{H}b \cdot a$$

Звідки

$$\bar{H}b = \frac{l}{a}$$

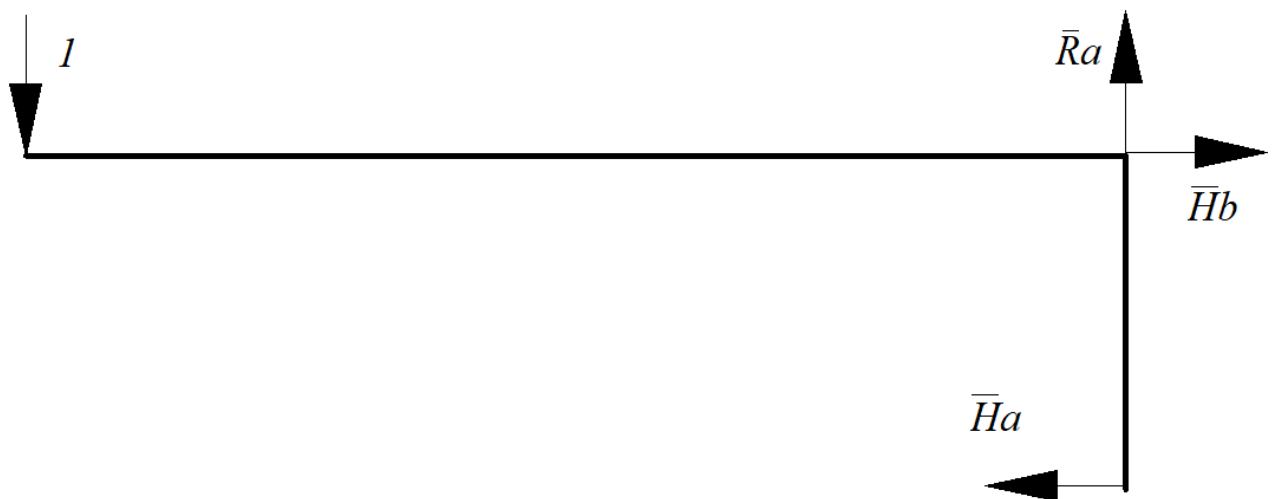


Рисунок 3.5 Реакції в системі від одиничної сили

Для побудови епюри моментів необхідно записати вирази по ділянкам. Для горизонтальної ділянки

$$\bar{M}_e = 1 \cdot x = \begin{cases} x = 0,0 \\ x = l,l \end{cases}$$

Для вертикальної ділянки

$$\bar{M}_e = \bar{H}_e \cdot x = \frac{l}{a} x = \begin{cases} x = 0,0 \\ x = a,l \end{cases}$$

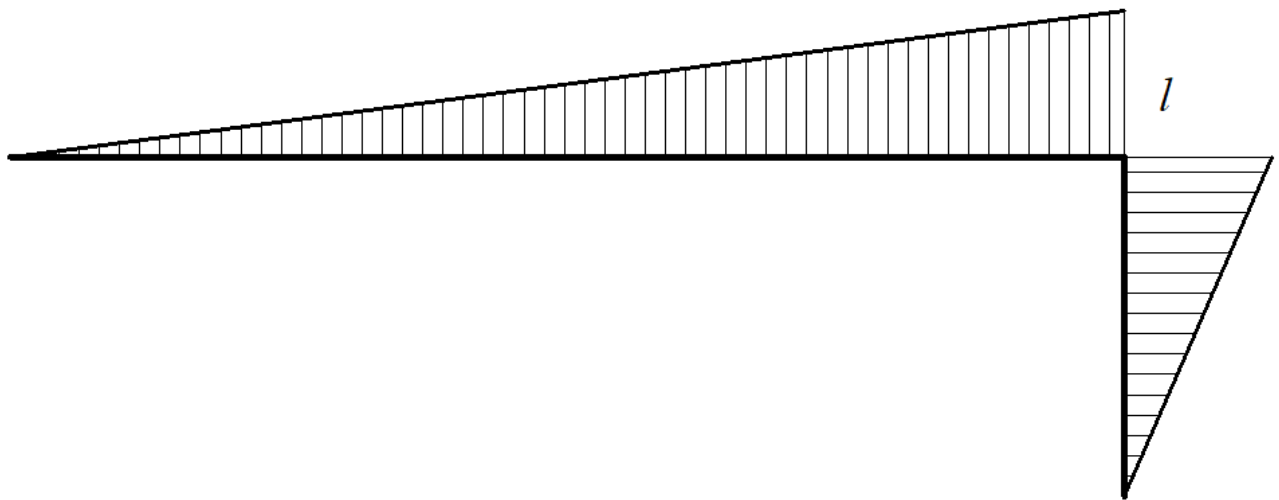


Рисунок 3.6 Епюра згинальних моментів від одиничної сили

Максимальний прогин шибєру

$$\Delta = \int_0^l \frac{M_z \cdot \bar{M}_z}{E \cdot J^z} dx + \int_0^a \frac{M_e \cdot \bar{M}_e}{E \cdot J^e} dx$$

$$\Delta = \frac{1}{E} \left( \frac{1}{J^z} \int_0^l \frac{q \cdot x^2}{2} x dx + \frac{1}{J^e} \int_0^a \frac{q \cdot l}{2 \cdot a} x \cdot \frac{l}{a} x dx \right)$$

Умовою працездатності системи буде неперевищення прогину розміру гранули сипкого матеріалу. Виходячи з умов проекту розмір дорівнює 1мм.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Прогин не перевищує даний розмір, що забезпечує відсутність просипання продукту.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## ВИСНОВКИ

Сипкі продукти є важливою складовою багатьох галузей промисловості, включаючи харчову, будівельну, сільськогосподарську, хімічну, металургійну, фармацевтичну та енергетичну. Їх фізико-хімічні властивості, такі як гранулометричний склад, насипна щільність, текучість, вологість, гігроскопічність і схильність до утворення пилу, визначають особливості транспортування, зберігання та дозування цих матеріалів.

Дозатори сипких продуктів є ключовими елементами технологічних процесів, оскільки забезпечують точність відмірювання матеріалів, зменшують похибку при зважуванні, мінімізують втрати сировини та підвищують продуктивність виробництва. Автоматизація процесу дозування дозволяє підвищити ефективність виробничих ліній, знизити вплив людського фактора та покращити умови праці.

Незважаючи на переваги, впровадження дозаторів стикається з низкою викликів. Основними проблемами є нерівномірне дозування через відмінності у фракційному складі матеріалів, утворення пилу, злежування та налипання продуктів, необхідність високої точності у фармацевтичній та харчовій промисловості, зношуваність механізмів, інтеграція в автоматизовані виробничі системи та висока вартість обладнання.

Різноманітність конструктивних схем дозаторів дозволяє обрати оптимальне рішення залежно від властивостей сипкого продукту та вимог виробництва. Гравітаційні дозатори підходять для простих матеріалів, шнекові – для порошкоподібних продуктів, стрічкові – для великої продуктивності, а роторні – для рівномірного подавання.

Розрахунки при проектуванні дозаторів є важливим етапом, що включає визначення продуктивності, швидкості потоку матеріалу, площі отвору шиберної заслінки, необхідних силових характеристик та вибір оптимальних матеріалів

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції. Успішна реалізація таких розрахунків забезпечує ефективну та надійну роботу дозаторів.

Впровадження сучасних дозаторів сипких продуктів є доцільним для підвищення якості та економічної ефективності виробництва, мінімізації втрат сировини та покращення умов праці. Враховуючи технологічні виклики, необхідно розробляти нові конструктивні рішення, що враховують особливості сипких матеріалів та забезпечують високу точність дозування.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Інжиніринг пакувального обладнання: Текст лекцій для студентів спеціальності «Прикладна механіка», спеціалізації «Машини і технології пакування» / Уклад.: А. Я. Карвацький – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 141 с. : іл. – Бібліогр.: с. 134–135.
2. Кюрчев С. В., Змєєва І. М. Визначення оптимальних параметрів окремих вузлів дозатора // Обладнання та технології харчових виробництв. - 2013. - Вип. 31. - С. 212-220.
3. Шоловій Ю. П., Прокопець Н. І. Обґрунтування конструктивних параметрів лунки дозатора для дрібнодисперсних сипких матеріалів [ / Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. - 2013. - Вип. 47. - С. 45-49.
4. Плавинський В. І., Саєнко А. В. Залежність продуктивності дозатора при дозуванні важкосипких матеріалів від його конструктивних параметрів [Електронний ресурс] / // Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. : Механізація та автоматизація виробничих процесів. - 2013. - Вип. 10. - С. 113-116.
5. Гавва О. М., Деренівська А. В., Кривопляс-Володіна Л. О. Теоретичні та практичні аспекти підвищення точності дозування сипкої харчової продукції в лінійних вагових дозаторах // Наукові праці Національного університету харчових технологій. - 2013. - № 50. - С. 70-77.
6. Магерус Н. І. Дослідження кінематики фрикційного механізму повороту відсікаючих дисків вібраційного об'ємного дозатора // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2015. - Вип. 156. - С. 446-452.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Дмитрів В. Т., Саган О. Я., Городняк Р. В. Застосування теорії розмірностей в дослідженнях дозаторів сипких матеріалів за багатофакторного експерименту [Електронний ресурс] // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. - 2023. - Вип. 57. - С. 13-20.
8. Дударев І. М., Панасюк С. Г., Тараймович І. В. Обґрунтування технологічних параметрів об'ємного дозатора сипких матеріалів // Сільськогосподарські машини. - 2020. - Вип. 45. - С. 57-71.
9. Банга В. Динаміка продуктивності лінійного роздавача-дозатора дисперсних компонентів // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. - 2022. - Вип. 56. - С. 5-10.
10. Семенцов В. В. Розробка нових енергозберігаючих конструкцій дозаторів сипких матеріалів // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2018. - Вип. 192. - С. 227-233.
11. Змеєва І. М. Визначення оптимальних параметрів окремих вузлів дозатора Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки. - 2017. - Вип. 17, т. 3. - С. 200-209.
12. Біла Т. Я., Стаценко В. В. Створення системи керування дозаторами сипких матеріалів на основі контролера нечіткої логіки // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2015. - № 6. - С. 73-76.
13. Семенцов В. В., Семенцов В. І. Визначення економічної ефективності використання гравітаційного дозатора преміксів // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2017. - Вип. 181. - С. 53-56.
14. Гавва О. М., Кохан О. О. Дозувальні пристрої пакувальних машин (як правильно вибрати дозатор) // Упаковка. - 2012. - № 3. - С. 46-49.

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 15.Рябчиков М.Л., Дейнека І.Г., Сапронова С.Ю. Розрахунок та конструювання машин легкої промисловості. - Л.: СНУ ім. В. Даля.– 2010.–264 с, 2010
- 16.Рябчиков М.Л. Розрахунки на міцність у швейному виробництві - К.: Інститут системних досліджень Міністерства освіти і науки України. 96с. 1994
- 17.Ковтун С.І., Рябчиков М.Л. Кінетика процесу водовбирання багат шаровими текстильними композиційними матеріалами. Повідомлення 2.- Вісник Київського національного університету. -№6. - С.82-88.- 2008
- 18.Супрун Н. П., Рябчиков М. Л., Іванов І. О. Моделювання процесу тертя в текстильних матеріалах. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Technical Science Series. Том 144, № 2, с.45-53.<https://doi.org/10.30857/1813-6796.2020.2.4>
- 19.Sementsov, V., Kharchenko, S., Taras, S., ... Maiorov, O., Nikolov, M. Modeling of the Dosing Process of Loose Fine-Dispersed Materials with a Sieve Dispenser //AIP Conference Proceedings, -2024.- 3294(1).- 020016. <https://doi.org/10.1063/5.0255757>
- 20.Lorenz, L. A., Ramsay, B. D., Goeres, D. M., Fields, M. W., Zapka, C. A., & Macinga, D. R. Evaluation and remediation of bulk soap dispensers for biofilm. Biofouling.-2012,-28(1).- 99–109. <https://doi.org/10.1080/08927014.2011.653637>

					КРБ 0017.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58