

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
магістра  

---

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «**Розробка вібраційного змішувача з механічним генератором коливань**»

08-27.МКР.03.000.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу за ОПП «Магістра»,  
групи 1ГМ-21м  
спеціальності 133  

---

Галузеве машинобудування  
(шифр і назва напрямку підготовки)

---

Йолчієв Мурад Али Огли  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент  

---

Андрій СЛАБКІЙ  
(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент  

---

Олександр ГАЛУЩАК  
(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ГМ  
д.т.н., професор Леонід ПОЛЩУК  
« » \_\_\_\_\_ 2022р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

# ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра галузевого машинобудування  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 13 Механічна інженерія  
Спеціальність – 133 – Галузеве машинобудування  
Освітньо–професійна програма – Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ГМ  
Поліщук Л.К.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

## **З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Йолчієву Мураду Али Огли

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: **«Розробка вібраційного змішувача з механічним генератором коливань»**.  
Керівник магістерської кваліфікаційної роботи: к.т.н. доц. СЛАБКІЙ Андрій, затверджені наказом вищого навчального закладу від “14” вересня 2022 року №23
2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 12.12. 2022р.
3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: 1) Ємність для завантаження сухими складовими – 1500л; 2) тривалість перемішування – 90 с; 3) Частота обертання ротора – 25 об/хв; 4) Частота коливань – 30Гц.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:  
1) вступ; 2) - теоретичний аналіз конструкції змішувачів бетонних сумішей та розчинів;  
3) висновки з аналізу та постановка задачі проектування; 4) Розробка нової конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань; 5) Визначення раціональних технологічних параметрів змішувача; 6) проєктні та перевірочні розрахунки елементів конструкції; 7) економічне оцінювання доцільності розробки; 8) аналіз умов праці та розробка заходів безпеки життєдіяльності, зокрема заходів віброзахисту під час роботи установки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):  
1) Класифікація змішувачів (пл. ф.А1); 2) Принципові та конструктивні схеми відомих змішувачів (пл. ф.А1) 3) Патентно-інформаційний огляд (пл. А1) 4) Складальне креслення вібраційного змішувача з механічним генератором коливань (креслення ф.А1 – 2 арк.); 5) Складальне креслення вібратора (креслення ф.А1 – 1 арк.); 6) Монтажне креслення генератора механічних коливань у вібратор (креслення ф.А1 – 1 арк.); 7) Складальне креслення гідроциліндра (креслення ф.А1 – 1 арк.); 8) робочі креслення (пл. ф.А3 – 4 арк.).

## 6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний	к.т.н., доц. СЛАБКІЙ Андрій		
Економічний	к. т. н., доц. Ольга РАТУШНЯК.		
Охорона праці	д. п. н., проф. Софія ДЕМБЦЬКА		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	к. т. н., доц. Олександр ПОЛЩУК		

7. Дата видачі завдання 15.09.2022 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Вступ	01.10.2022р	
2	Теоретичний аналіз конструкції змішувачів для приготування бетонних сумішей та будівельних розчинів	15.10.2022р	
3	Розробка конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань	2.11.2022р	
4	Технологічні розрахунки	9.11.2022р	
6	Конструкторські розрахунки	19.11.2022р	
7	Економічний аудит розробки	22.11.2022р	
8	Розрахунок кількості коштів на впровадження розробки, та строку їх окупності	24.11.2022р	
9	Аналіз умов праці під час використання нової	26.11.2022р	
10	Розробка заходів безпеки життєдіяльності та надзвичайних ситуацій конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань	28.11.2022р	
11	Підготовка графічної частини МКР	10.12.2022р	
12	Попередній захист на кафедрі	15.12.2022р	

Студент \_\_\_\_\_ Мурал ЙОЛЧІЄВ  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Андрій СЛАБКІЙ  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 624.04(075)

Йолчієв Мурад Али Огли. Розробка вібраційного змішувача з механічним генератором коливань. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма – галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2022. 126 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 38; табл. 12.

За результатами виконання МКР розроблена нова конструкція вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка забезпечує можливість створення по всьому об'єму камери змішувача на змішувані компоненти бетонної суміші вібраційної дії, повністю виключає наявність у камері змішування «глухих» зон, а з іншого – виключити вібраційну дію на привід вібратора, максимально реалізувати захист підшипникових вузлів приводу вібратора від попадання в них дрібних частинок матеріалів, що перемішуються, а також реалізувати можливість повної передачі «корисного» вібраційного впливу на оброблюваний матеріал.

Конструкції механічного генератора коливань реалізовано таким чином, щоб забезпечує однорідний розподіл вібраційного поля в камері змішування, а це дозволяє реалізувати якісну інтенсифікацію процесу перемішування компонентів суміші при багаточастотному вібруванні.

Ключові слова: змішувач, вібратор, генератор механічних коливань, конструкція, розрахунки.

## ABSTRACT

Yolchiev Murad Ali Oghly. Development of a vibrating mixer with a mechanical oscillation generator. Master's qualification work in the specialty 133 - branch mechanical engineering, educational program - branch mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 126 p.

In Ukrainian language. Bibliogr .: 25 titles; fig .: 38; table 12.

According to the results of the MKR, a new design of a vibrating mixer with a mechanical oscillation generator was developed, which provides the possibility of creating a vibratory effect on the mixed components of the concrete mixture throughout the volume of the mixer chamber, completely excludes the presence of "deaf" zones in the mixing chamber, and on the other hand - excludes vibration effect on the vibrator drive, to maximally implement the protection of the bearing assemblies of the vibrator drive from the ingress of small particles of mixed materials into them, as well as to implement the possibility of full transmission of the "useful" vibration effect on the processed material.

The design of the mechanical vibration generator is implemented in such a way as to ensure a uniform distribution of the vibration field in the mixing chamber, and this allows to realize a qualitative intensification of the process of mixing the components of the mixture during multi-frequency vibration.

Key words: mixer, vibrator, generator of mechanical vibrations, design, calculations..

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ABSTRACT

ВСТУП .....	5
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ТА БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ .....	10
1.1 Класифікація змішувачів.....	10
1.2 Огляд конструкцій бетонозмішувачів .....	12
1.3 Патентно-інформаційни огляд .....	30
1.4 Умови раціональності побудови ковшів екскаватора.....	24
2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МЕХАНІЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ КОЛИВАНЬ .....	43
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	48
3.1 Розрахунок годинної продуктивності змішувача .....	48
3.2 Визначення оптимальних геометричних параметрів змішувача.....	49
3.3 Визначення потужності приводного двигуна .....	50
3.4 Визначення параметрів генератора механічних коливань.....	54
3.5 Розрахунок на міцність елементів змішувачі.....	58
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	66
4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	66
4.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	69
4.3 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи .....	77
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки..	85
4.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	86
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	90
5.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт.....	91
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	95
ВИСНОВКИ.....	101

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	103
ДОДАТКИ	106
ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	107
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	111
ДОДАТОК В – СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	122

## ВСТУП

У загальній структурі світового виробництва будівельної продукції бетон і залізобетон в даний час займають пріоритетне місце, вони є основними будівельними матеріалами. Практично жоден будинок, побудований за останні роки не обходиться без залізобетонних виробів. Тому тема виробництва бетону та залізобетону є на сьогоднішній день дуже важливою.

Якість будівельних робіт залежить від надійної роботи бетонних і цементобетонних заводів, до складу яких входить велика кількість машин і устаткування.

Промисловий досвід експлуатації бетонозмішувального устаткування показує, що однією з причин зниження міцнісних показників бетонних і залізобетонних конструкцій і, відповідно, терміну їх служби є неоднорідний склад бетонної суміші. А причиною цього значною мірою є саме невисока якість бетону, що видається змішувачем.

Однорідність складу, а, отже, і якість бетонних сумішей в чому залежить від ефективного використання і технічного стану машин і обладнання, які входять до складу бетонного заводу.

Основними умовами, що визначають ефективність цих машин і устаткування, є відповідність їх конкретним умовам будівництва, ступінь використання, рівень виробничої і технічної експлуатації, а також кваліфікація обслуговуючого персоналу.

Порівнюючи бетонозмішувальне обладнання вітчизняних та зарубіжних виробників, можна констатувати наступне. Перш за все, відомо, що всі бетонозмішувачі за способом змішування діляться на два класи: з вільним змішуванням матеріалів (гравітаційні) і з примусовим. Відомо, що гравітаційні змішувачі найбільш доцільно використовувати для приготування більш пластичних сумішей, тобто сумішей, що мають меншу питомий опір



при їх змішуванні; для приготування же жорстких бетонних сумішей найбільш ефективні змішувачі з примусовим змішуванням матеріалів.

В цілому ж щодо цих двох класів змішувачів слід зазначити, що змішувачі з примусовим змішуванням будь-яких матеріалів забезпечують приготування сумішей більш високої якості за ступенем однорідності. І це пов'язано не тільки з тим, що в цих змішувачах змішуються компоненти піддаються механічному впливу з боку змішуючого пристрою, а головне, з тим, яка кількість цих впливів в одиницю часу забезпечує змішуючи й пристрій.

Аналіз існуючих конструкцій бетонозмішувачів, відповідно до запропонованої класифікації, дозволяє визначити потенційні можливості конструкції змішувального пристрою і в основному визначити область застосування.

Так, найменший ефект при змішуванні слід очікувати в бетонозмішувачах з вільним змішуванням матеріалів, у яких змішуються компоненти мають лише дві складові руху, а змішування здійснюється тільки постійними рухами - обертальними і поступальними.

Найбільший ефект можна очікувати при приготуванні різних сумішей в віброзмішувачах, де змішуються компоненти можуть мати до п'яти складових рухів, а змішування здійснюється одночасно поступальними і обертальними, доволно змінюються в часі, рухами компонентів суміші. Тобто, в даних змішувачах змішуються компоненти отримують найбільшу кількість впливів в одиницю часу з боку змішуючого механізму.

Однак у силу низької надійності віброзмішувачів вони до теперішнього часу не знаходять належного застосування і не випускаються в промисловості.

Враховуючи останню обставину, слід віддати належне групі змішувачів з примусовим змішуванням матеріалів, що використовують як змішуючий пристрій або вертикально обертаючий лопатевий ротор, або планетарний

змішувачий механізм, або механізм у вигляді двох горизонтально встановлених лопатевих валів, що обертаються назустріч один одному.

У змішувачах цієї групи змішуються компоненти мають не менше чотирьох складових рухів, а змішування в них здійснюється, як правило, одночасно поступальними і обертальними рухами, що носять періодичний характер зміни в часі за напрямком.

Досвід вітчизняних і зарубіжних виробників і споживачів доводить на практиці переважне застосування зазначеної групи змішувачів, причому не тільки на стаціонарних, але і на пересувних бетонозмішувальних установках.

Наведені дані аналізу бетонозмішувачів були підтверджені результатами експериментальних досліджень по визначенню ступеня сепарації сумішей, приготованих в різних конструкціях бетонозмішувачів.

Таким чином, підвищення інтенсивності процесів змішування стає можливим тільки при використанні нових ефектів впливу.

Одним з таких ефектів є, як було згадано раніше, вібрація змішувача пристрою, бо вона значно зменшує в'язкість сумішей, що й обумовлює інтенсифікацію дифузійних процесів змішування. Доцільність використання вібрації при змішуванні будівельних сумішей підтверджена численними дослідженнями.

Виходячи зі сказаного вище, впливає, що якість одержуваних бетонних сумішей в більшій мірі залежить від типу бетонозмішувача і кількості складових рухів, тому в якості модернізованого обладнання вибираємо бетонозмішувач з примусовим перемішуванням.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** (далі МКР) – розробка конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка інтенсифікує процес перемішування робочого середовища.

В процесі виконання МКР необхідно вирішити такі задачі:

– Виконати теоретичний існуючих методів змішування та обладнання для їх здійснення;

- Проаналізувати, який тип змішування краще інтенсифікує процес змішування та дослідити конструктивні особливості такого обладнання;
- Здійснити патентно-інформаційний пошук по темі МКР;
- Розробити покращену конструкцію вібраційного змішувача з механічним генератором коливань;
- Виконати конструкторські розрахунки, що необхідні для побудови вібраційного змішувача з механічним генератором коливань;
- Розробити заходи з охорони праці по застосуванню розробленої конструкції;
- Обґрунтувати економічну доцільність розробки вібраційного змішувача з механічним генератором коливань.

**Об’єкт дослідження** – процеси, що використовуються для визначення та аналізу найбільш раціональної конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань.

**Предмет дослідження** – вібраційний змішувач з механічним генератором коливань.

**Методи дослідження** – методи логічного моделювання раціоналізації конструкції.

**Новизна одержаних результатів.** Розроблена конструкція забезпечує можливість створення двочастотних вібраційних полів, відповідних у сукупності за формою гофрованого контуру даного тіла обертання, дозволяє, з одного боку, реалізувати можливість створення по всьому об’єму камери змішувача на змішувані компоненти бетонної суміші вібраційної дії, повністю виключає наявність у камері змішування «глухих» зон, а з іншого – виключити вібраційну дію на привід вібратора, максимально реалізувати захист підшипникових вузлів приводу вібратора від попадання в них дрібних частинок матеріалів, що перемішуються, а також реалізувати можливість повної передачі «корисного» вібраційного впливу на оброблюваний матеріал.

**Практична цінність роботи** – розроблено нову конструкцію вібраційного змішувача з механічним генератором коливань з покращеними техніко-економічними показниками.

**Публікації.** Подані тези на всеукраїнську науково-практичну конференцію «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 2023».

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ТА БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

## 1.1 Класифікація змішувачів

Змішувачами називають машини й апарати, призначені для змішування – механічного процесу, в результаті якого окремі компоненти після рівномірного розподілу кожного з них у робочому об'ємі змішувача утворюють однорідну суміш. Зворотним змішуванню є процес сегрегації – розкладання суміші на окремі компоненти.

Ці процеси здійснюються у машині, робочим органом якої може бути або барабан із закріпленими в його середині лопатями, або вал з лопатями.

Змішувачі класифікують за призначенням, способом і режимом роботи. По способу перемішування змішувачі можна підрозділити на механічні, газові і комбіновані. В залежності від режиму розрізняють змішувачі періодичної та безперервної дії. Може бути також класифікація, в основі якої є склад і характер взаємодії суміші й робочого органа та особливості конструкції змішувачів [1 – 8]:

а) фізичний стан робочого середовища:

– машини для перемішування рідких сумішей (шламу, шлікеру, барвників і т.п.); такі машини бувають циклічної та неперервної дії. До них відносять кранові, шламові, пропелерні, турбінні, планетарні та інші змішувачі;

– машини для перемішування сухих порошкових та зернистих матеріалів (можливо із їх наступним зволоженням). До таких машин відносять в основному механічні змішувачі примусової дії (лопатевої, бігункової, планетарної та ін.);

– машини для приготування грубодисперсних суспензій (бетонних сумішей, будівельних розчинів, керамічних та інших мас);

б) характер перебігу процесу змішування у часі (змішувачі періодичної та безперервної дії);

в) силовий вплив на частинки (змішувачі гравітаційні, примусові, пневматичні, електромагнітні, відцентрові);

г) механізм перемішування частинок (змішувачі циркуляційні, об'ємного та дифузійного змішування);

д) конструкція (змішувачі барабанні, лопатеві, шнекові тощо).

По способу перемішування змішувачі підрозділяють [2 – 4] на примусового перемішування за допомогою лопатей і гравітаційні, в яких матеріал перемішується всередині барабану, котрий обертається, за рахунок підйому і падіння компонентів. Класифікація змішувачів представлена на рисунку 1.1.

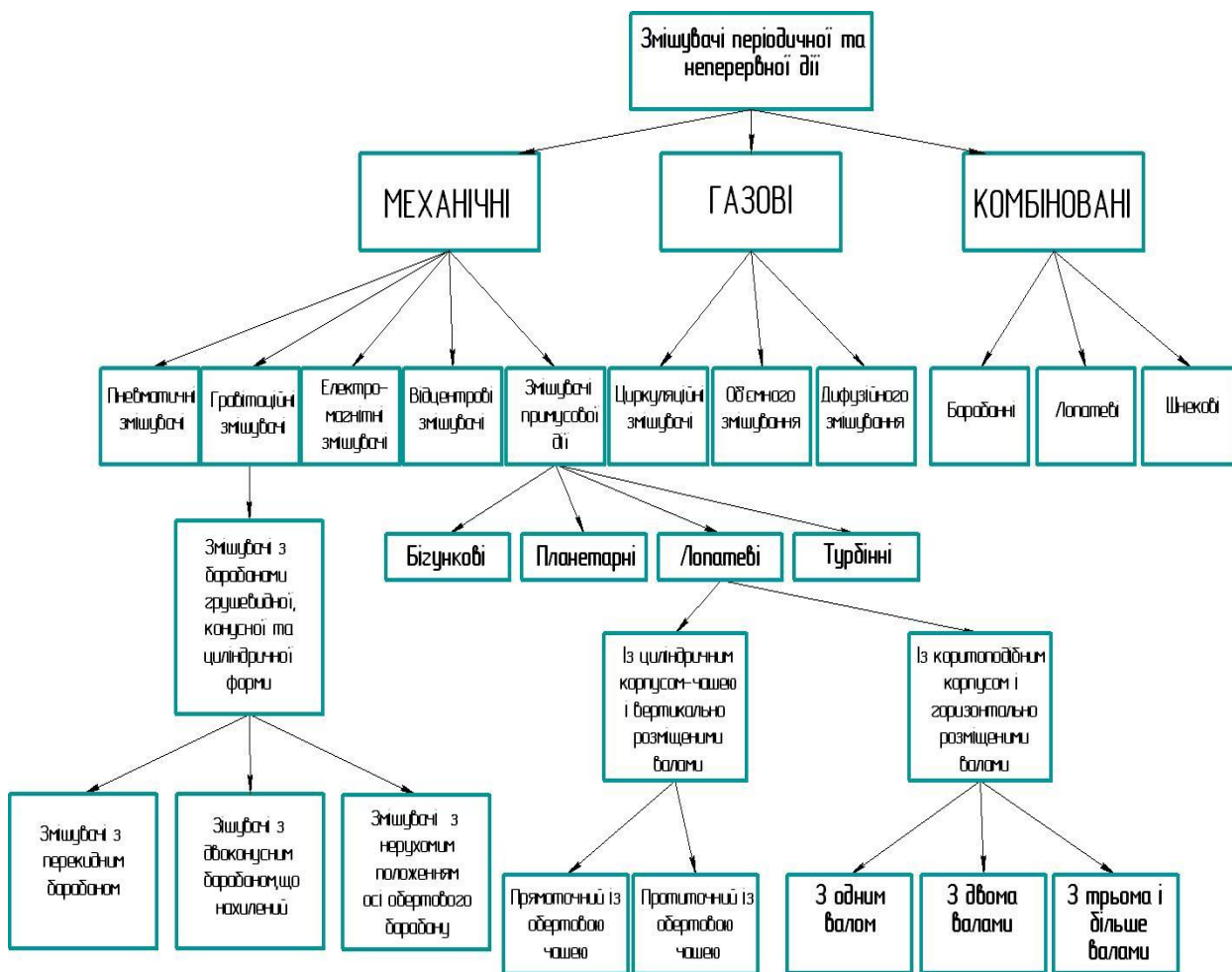


Рисунок 1.1 – Класифікація змішувачів

Конструкції гравітаційних змішувачів відрізняються насамперед формою та об'ємом барабана, будовою приводу та мобільністю.

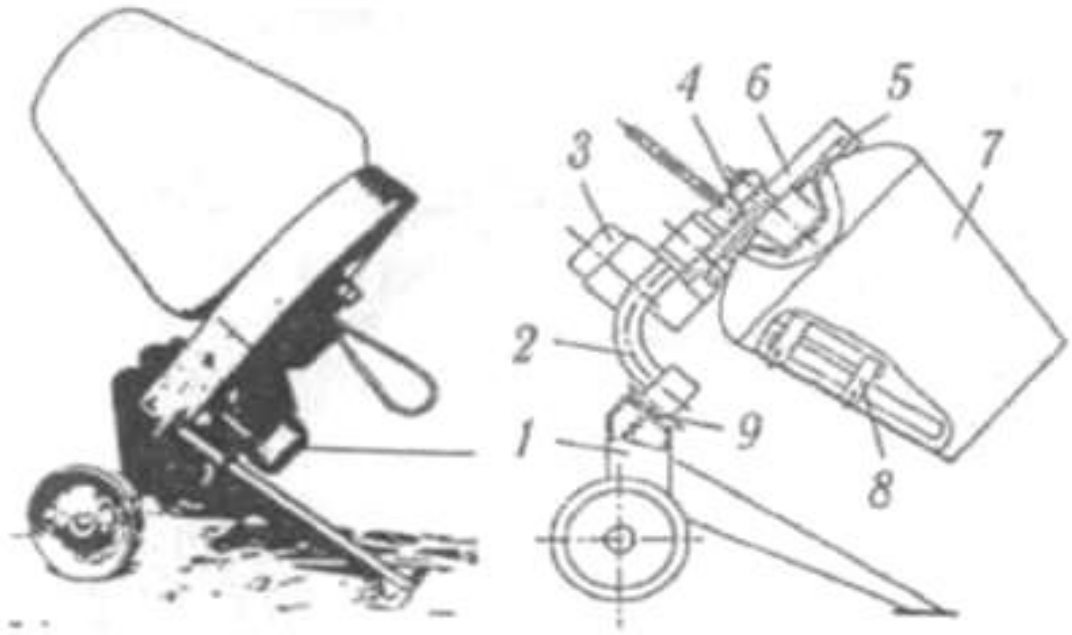
## 1.2 Огляд конструкцій бетонозмішувачів

Пересувний бетонозмішувач на колісному ході (рисунок 1.2) має місткість готового замісу 50 л і використовується для невеликих обсягів бетонних робіт, переважно при зведенні садових будиночків і котеджів. Змішувальний барабан 7 складається із зрізаного конуса і сферичної частини, на опорі якої розміщене колесо зубчастої передачі 5. Зубчасте колесо передачі з'єднана зі шківом клинопасової передачі, що отримує обертальний рух від електродвигуна 3. Закриваються передачі кожухом 6. Утримується змішувальний агрегат на траверсі 2, яка з'єднується з опорою 1 через шарнірний зв'язок 9. Усередині барабана закріплені лопаті 8, що забезпечують перемішування (положення барабана див. на рисунку 1.2, а) і вивантаження суміші під час повороту барабана навколо осі шарніра 9 (положення барабана див. на рисунку 1.2, б). У попередніх конструкціях подібних змішувачів застосовували редуктори, що ускладнювало конструкцію. Заміна редуктора клинопасовою передачею значно знижує трудомісткість ремонту [6, 7].

*Бетонозмішувач зі скіповим підйомником* (рисунок 1.3) має місткість 500 л і використовується переважно на будівельних об'єктах при виконанні різних робіт.

Особливістю його конструкції є наявність власного механізму завантаження сипких компонентів будівельних сумішей у барабан змішувача.

Механізм монтується на загальній рамі 17 змішувача. Канат 5 через блок 7, нерухому 1 та рухому 3 обойми блоків за допомогою гідроциліндра 2 тягне заповнений ківш 4 по напрямних 6. Коли нижні ролики ковша при підйомі досягнуть упорів, установлених у напрямних, дно



а)

б)

а – загальний вигляд; б – схема конструкції

Рисунок 1 – Пересувний бетонозмішувач:

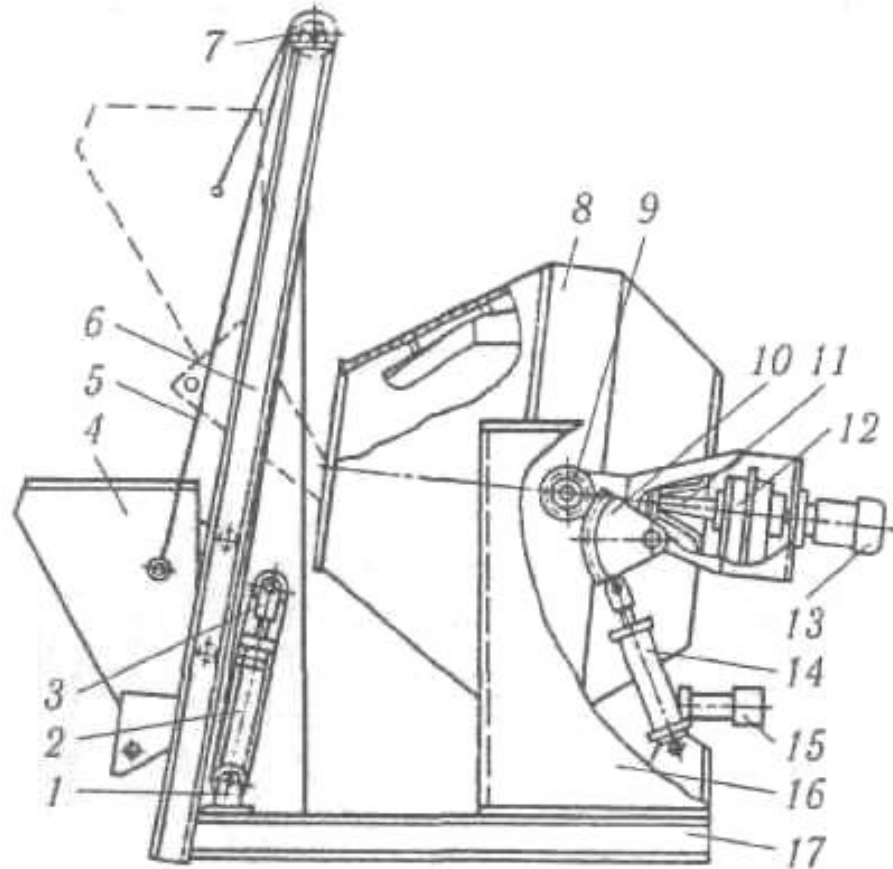


Рисунок 1.3 – Бетонозмішувач зі скіповим підйомником



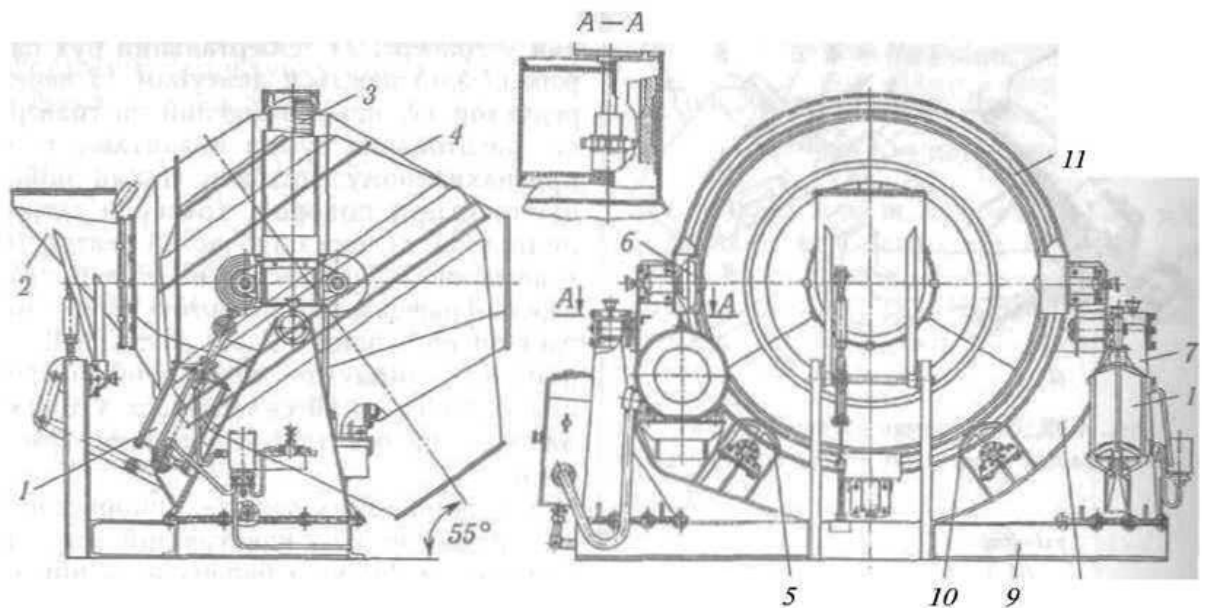
ковша відкриється і утворить лоток. Матеріал цим лотоком надходить у барабан 8, установлений у траверсі 11. Обертальний рух барабана здійснюється двигуном 13 через редуктор 12, що розміщений на траверсі. Виготовлена суміш вивантажується при нахиленому барабані. Нахил здійснюється при повороті траверси гідроциліндром 14 через зубчастий сектор 10 і шестірню 9, насаджену на палець траверси. Траверса за допомогою цапф спирається на стояки 16, що закріплені на рамі 17. Змішувач обладнаний гідроприводом 15, який складається з двигуна, гідронасоса та розподільної арматури [2].

У стаціонарних умовах використовують змішувач двох конструкцій [3 – 8], що відрізняються формою барабана та приводом для його обертання. В одному випадку обертання здійснюється через зубчастий вінець, закріплений на циліндричній частині барабана, а в другому — безпосередньо із вихідного вала редуктора спеціальну маточину, вмонтовану в барабан.

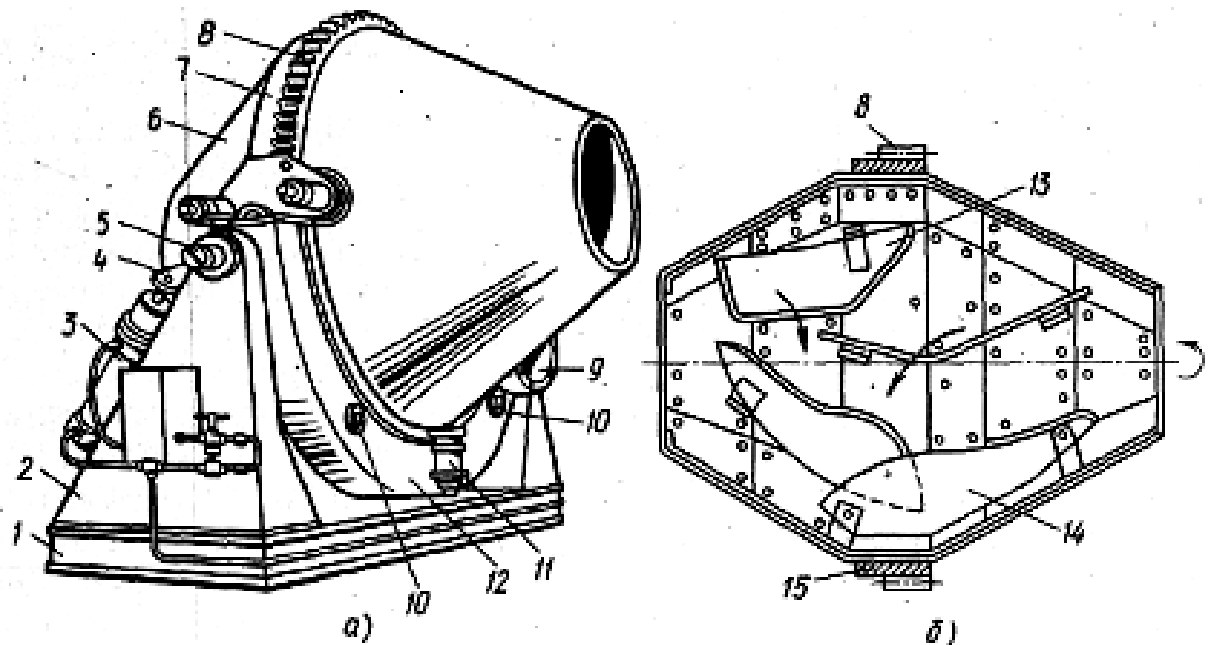
Характерною конструкцією першого типу є гравітаційний бетонозмішувач [5] із двоконусним барабаном (рисунок 1.4 а, б) місткістю готової суміші 2000 л. Барабан (рисунок 1.4. а) 4 своїм бандажем 11 вільно спирається на ролики 5 і 10, які мають опори на траверсі 8. Щоб траверса мала змогу нахилитися, вона з'єднана зі стояками 7 рами 9 спеціальними цапфами. Привід обертання барабана монтується на траверсі й складається з двигуна, редуктора та зубчастого колеса, яка перебуває у постійному зчепленні з вінцем 3. Для запобігання зміщенню барабана в осьовому напрямі встановлені ролики 6.

Завантажують компоненти суміші в барабан через лійку 2, а вивантажують готову суміш при нахиланні барабана внаслідок повороту траверси пневмоциліндром 1.

Прикладом другого типу є гравітаційний бетонозмішувач з центральним приводом (рисунок 1.5), що має компактний барабан 1 місткістю готової суміші з'єднаних циліндричною обичайкою, закріплені шість



а)



а)

б)

б)

а – загальний вигляд, б – схема пристрою змішувального барабана;  
 1 – станина, 2 – стійка; 3 – пневмоциліндр; 4 – кронштейн; 5 – шип траверси;  
 6 – барабан; 7, 15 – обід; 8 – зубчастий вінець; 9 – електродвигун;  
 10 – опорні ролики; 11 – упорний ролик; 12 – траверса; 13, 14 – лопаті

Рисунок 1.4 – Двуконусні гравітаційні бетонозмішувачі

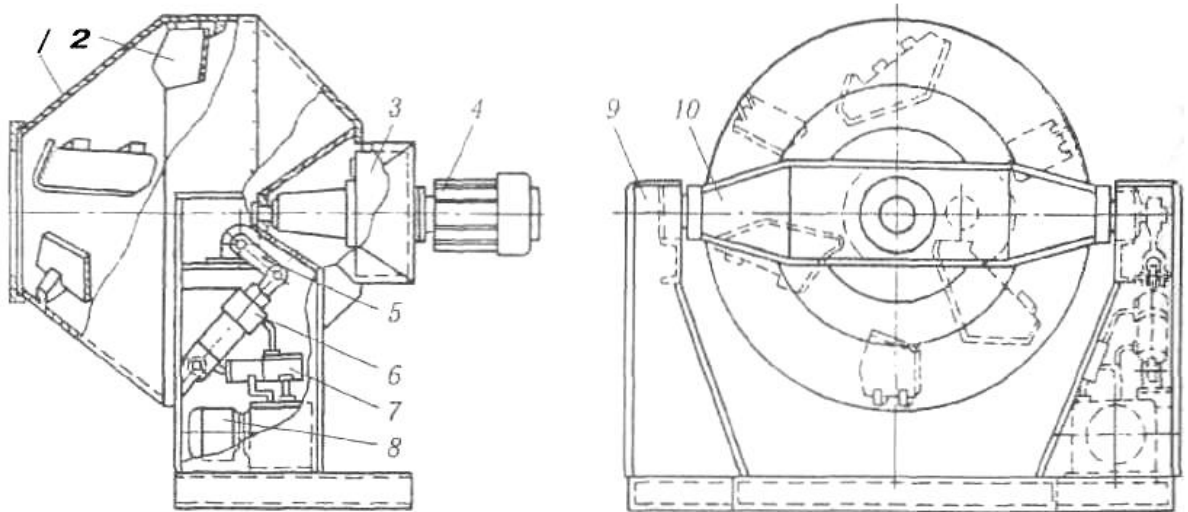


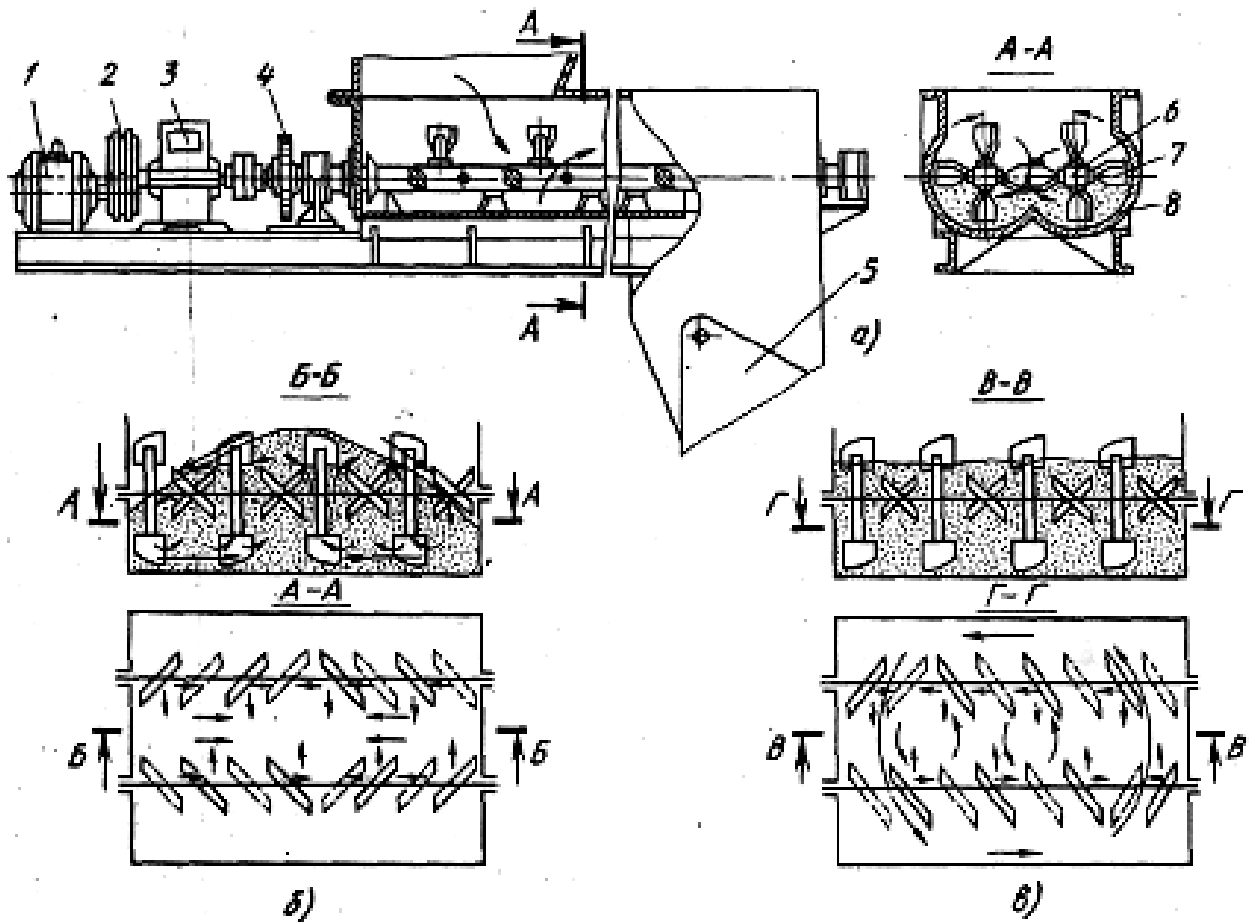
Рисунок 1.5 – Гравітаційний бетонозмішувач із центральним приводом

швидкознімних лопатей 2. Барабан своєю маточиною посаджений безпосередньо на вихідний вал редуктора 3, що вбудований у траверсу 10. Вхідний вал редуктора з'єднаний із двигуном 4. Траверса встановлена на стояках рами 9 і за допомогою гідроциліндра 6 і важеля 5 може займати різні положення, що дає змогу барабану змінювати кут нахилу при завантаженні, перемішуванні та вивантаженні суміші. Змішувач має індивідуальний привід, який складається з насосної станції 8 і розподільника 7 з електрообладнанням [1].

Ця конструкція бетонозмішувача має перевагу не тільки у вдалому вирішенні приводу (наявність компактного двоступеневого планетарного редуктора із зубчастими колесами з високоміцної сталі і застосування клинопасової передачі), а й у сучасній формі барабана.

Гравітаційні бетонозмішувачі (рисунок 1.6) забезпечують перемішування компонентів в барабанах, до внутрішніх стінок яких прикріплені лопаті. При обертанні барабана суміш піднімається лопатами на деяку висоту і потім падає вниз. При цьому утворюються певні радіальні і осьові потоки руху суміші, завдяки чому різні частинки матеріалу рівномірно перерозподіляються за обсягом замісу [3].

Гравітаційні бетонозмішувачі безперервної дії зазвичай мають циліндричний барабан з горизонтальною віссю.



*a* – схема змішувача; 1 – двигун; 2 – клинопасова передача; 3 – редуктор; 4 – зубчаста передача; 5 – розвантажувальний затвор; 6 – лопатеві вали; 7 – лопать; 8 – корито змішувача.

Схема руху суміші в корпусі змішувача: *б* – протиточна; *в* – поточно-контурна

Рисунок 1.6 – Двохвальний змішувач з горизонтальними валами безперервної дії

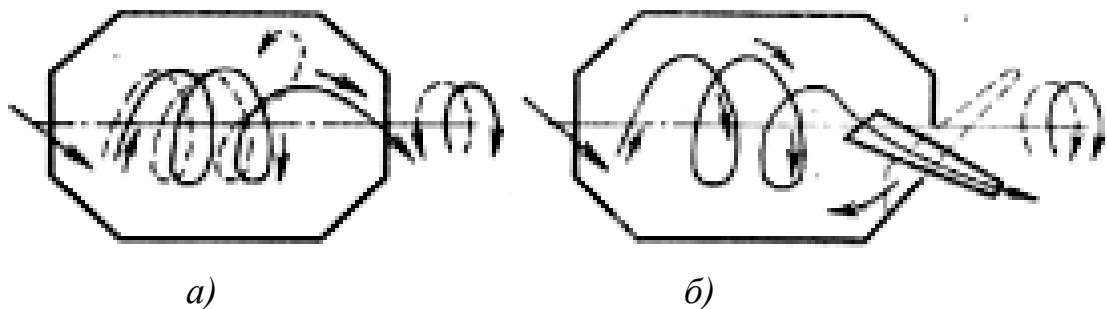
Такі змішувачі безперервно завантажують зверху через завантажувальний воронку, готова суміш також безперервно вивантажується з протилежно-

го кінця. Продуктивність регулюють, міняючи продуктивність дозаторів. Такі бетонозмішувачі добре зарекомендували себе при приготуванні суміші однієї марки. При переналагодженні: суміш нової марки вони поступаються змішувачів циклічної дії.

Бетонозмішувачі виготовляють з похилими і непохилими барабанами. Змішувальні барабани можуть бути грушоподібною, конусною і циліндричною форми.

За способом вивантаження гравітаційні змішувачі бувають [1 – 8]:

- перекидними, в яких вивантаження замісу здійснюється нахилом барабана в сторону вивантажувального отвору;
- реверсивними, вивантажують в результаті зворотного обертання, що забезпечує рух матеріалу в сторону вивантажувального отвору; із вступним лотком, по якому суміш вивантажується з барабана (рисунки 2.7).



*a* – реверсивного; *б* – з вивантажувальним лотком

Рисунок 1.7 – Схеми неперекидних бетонозмішувачів

Циклічні бетонозмішувачі з примусовим змішуванням матеріалів поділяють на чашо- і коритоподібні (лоткові). У чашоподібних корпус виконаний у вигляді чаші циліндричної форми з одним або декількома перемішувачими валами. У коритоподібних бетонозмішувачах корпус оснащений одним або двома перемішувачими лопатевими валами. Бетонозмішувачі примусового змішування більш продуктивні, вони забезпечують приготуван-

ня сумішей високої жорсткості, чого не можна досягти; в гравітаційних бетонозмішувачах.

Бетонозмішувачі з ексцентрично розташованими валами поділяють на прямоточні і протиточні з обертовою або нерухоною чашею. Прямоточні мають напрямок обертання лопатевого вала, яке збігається з напрямком руху змішуваних матеріалів, забезпечуваного обертається чашею або лопатями, які закріплені на траверсі. У протиточних бетонозмішувачах обертова чаша або траверса зі шкребками направляє змішуються матеріали до лопатевим валам, обертання яких протилежно обертанню чаші або траверси.

Для перемішування різних порошкових мас, наприклад під час виробництва керамічних виробів за методом сухого пресування, при виробництві силікатних виробів, при підготовці шихти в скляних виробництвах і т.д., знайшли широке застосування одновальні і двохвальні лопатеві змішувачі безперервної дії.

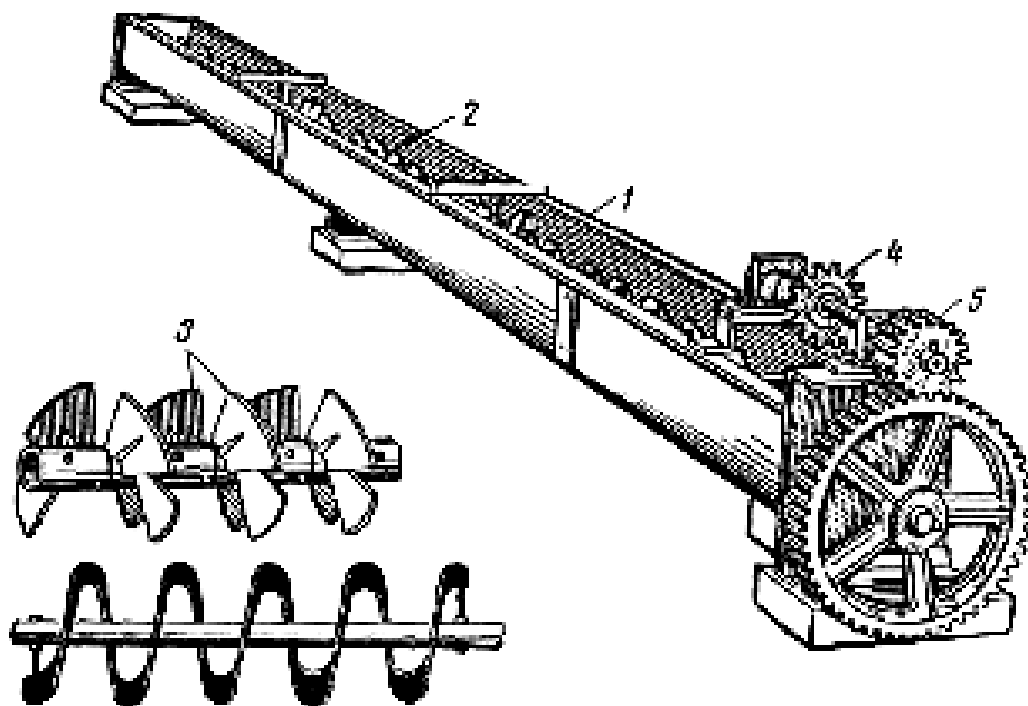


Рисунок 1.8 – Одновальний гвинтовий змішувач

Одновальний змішувач, представлений на рисунку 1.8, застосовується для перемішування сухих, попередньо подрібнених компонентів з наступним

транспортуванням їх в інший змішувач, де однорідна по складу суміш зво-  
ложується. Даного типу змішувачі знаходять застосування у випадках, коли  
різні матеріали з декількох бункерів і дозуючих апаратів потрібно ретельно  
перемішувати і подавати для подальшої обробки (наприклад, в установці для  
приготування капсульне маси у виробництві облицювальних плиток).

Змішувач складається з металевого корита 1, в якому встановлений  
вал 2 з гвинтовими лопатями 3. Суміш розмолотої глини та каоліну пе-  
ремішується з дрібним і великим шамотом, що надходять з окремих бункерів.  
Вал змішувача приводиться в обертання від електродвигуна через ремінну  
або ланцюгову передачу 4 і далі через зубчасту передачу 5.

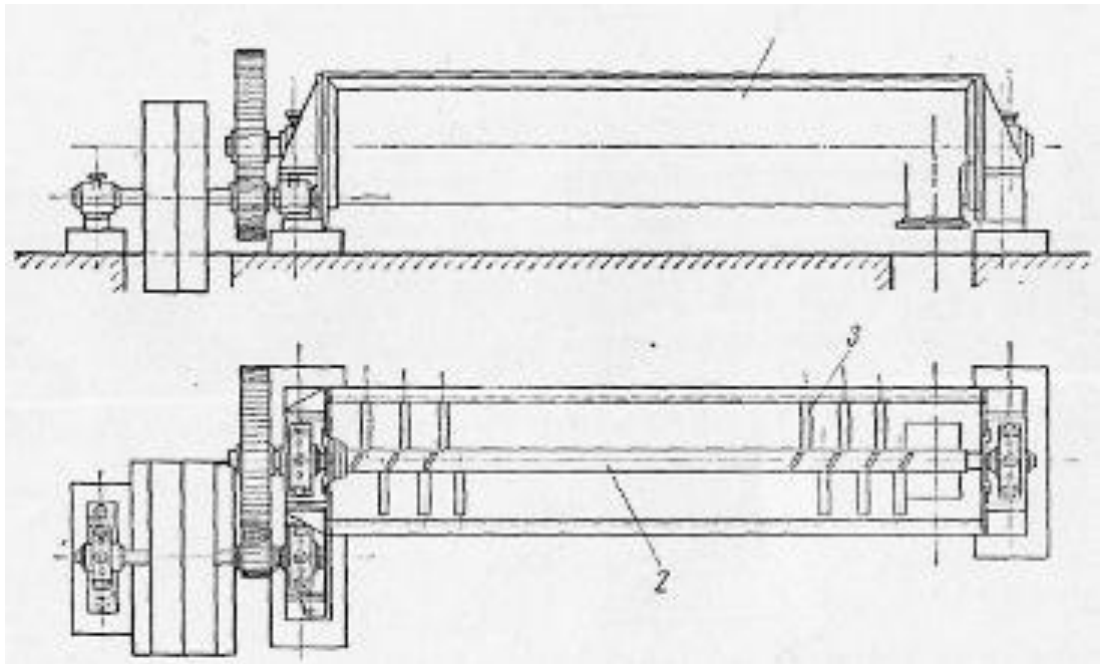


Рисунок 1.9 – Одновальний змішувач безперервної дії

Одновальний змішувач безперервної дії, показаний на рис.3.9, призна-  
чається для перемішування сухих порошків, при цьому в мішалки цього типу  
може бути додана вода. У цьому випадку спочатку перемішування прово-  
диться в суху, а потім суміш зволожується водою. Змішувач складається з  
корита 1 з розміщеним у ньому валом 2, на якому по гвинтовій лінії за-

кріплені лопаті 3, встановлені під певним кутом. Привід мішалки здійснюється від електродвигуна через ремінну і зубчасту передачі. В останніх моделях привід здійснюється безпосередньо від електродвигуна через редуктор.

Розглянутий одновальний змішувач використовується також і для перемішування пластичних матеріалів. Одновальні змішувачі цього типу витісняються двухвальною змішувачами.

Двовальний змішувач безперервної дії призначається як для сухого перемішування глини при напівсухому виробництві керамічних виробів, так і при пластичному формуванні виробів.

Двовальний змішувач рисунок 1.10 являє собою металевий корито-подібний корпус 7, в якому встановлені два обертаються назустріч один одному валу 2 із закріпленими на них по гвинтовій лінії лопатями 3. Обертання валів передається від електродвигуна 4 через фрикційну муфту 5, редуктор 6 і зубчасту передачу 7. Лопаті, як показано, встановлені по гвинтовій лінії під кутом до площини, перпендикулярної осі вала. Кріплення лопатей на валу здійснено так, що можна змінювати кут установки їх. При збільшенні кута нахилу збільшується крок гвинтової лінії і внаслідок цього швидкість просування маси підвищується. Очевидно, що при цьому збільшується продуктивність змішувача, проте якість перемішування знижується [6].

Зменшення кута нахилу призводить до зворотних результатів: продовжується термін перебування маси в змішувачі, зменшується продуктивність, але поліпшується якість перемішування. Оптимальний кут установки лопатей в кожному конкретному випадку повинен підбиратися для забезпечення відносно високої продуктивності при високій якості перемішування.

Для зволоження порошкової маси над змішувачем встановлюють водопровідні труби з дрібними отворами в них, через які подається вода у вигляді тонких струменів.

Найбільш ефективним методом зволоження є так зване перезволоження мас, здійснюване як при сухому, так і при пластичному способів вироб-



ництва. При парозволоження відбувається прогрів маси, чим забезпечується підвищення якості виробів при подальшій обробці. Глина зволожується насиченою парою низького тиску, який прогріває масу і потім, конденсуючись, зволожує її.

У змішувачах з паропідігрів днище корпусу складається із сталевих листів 8, лускате розташування яких забезпечує прохід пара до маси. У нижній частині корпусу приварені конденсаційні циліндри 9. Пар підводиться по трубі 10. Для зменшення втрат тепла нижня частина корпусу захищена термоізоляційним кожухом II, заповненим мінеральною ватою. Верх корпусу закривається кришкою 12. У разі необхідності додаткового зволоження водою вона може подаватися по трубі 13.

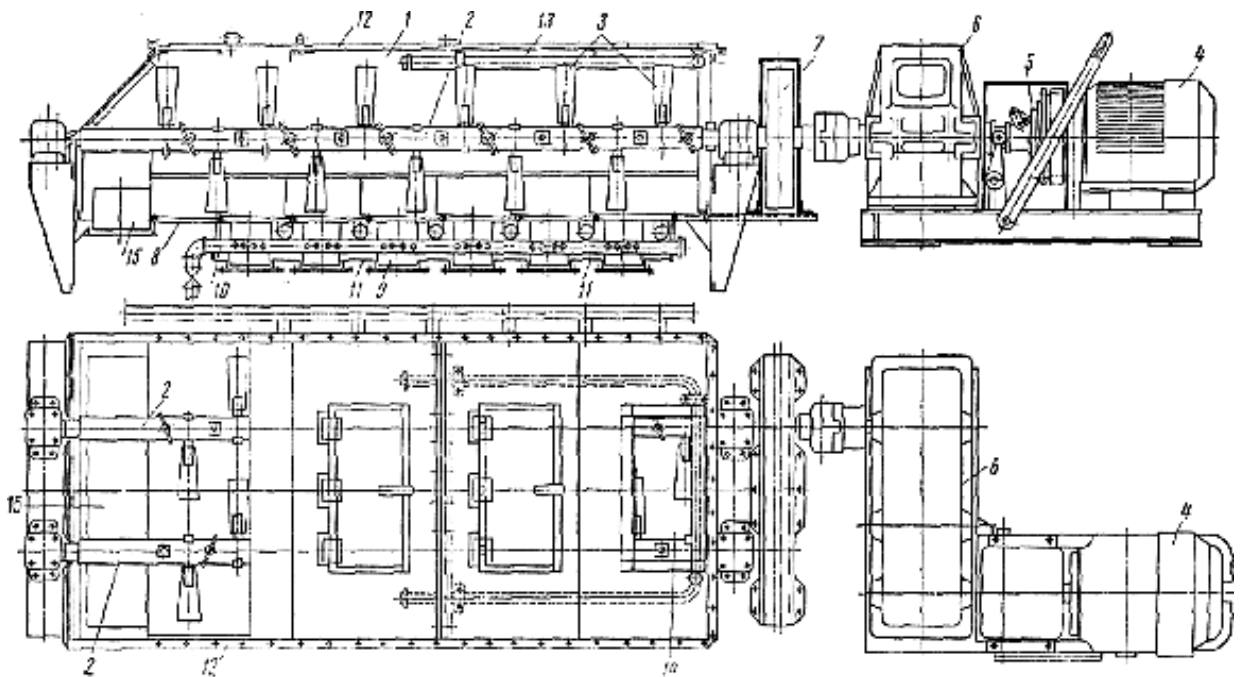


Рисунок 1.10 – Двухвальний змішувач безперервної дії

Подача маси здійснюється через завантажувальний люк 14, а відведення – через розвантажувальний люк 15. Щоб уникнути швидкого зносу рекомендується внутрішню поверхню корпусу футерованих змінними накладками.

Двовальний протиточний змішувач безперервної дії, представлений на рисунку 1.11, застосовується у випадках, коли потрібно особливо ретельне перемішування маси. Лопаті 1 на валу 2 цих змішувачів встановлюють з таким розрахунком, щоб вони, перемішуючи, просували масу по напрямку до розвантажувального люка 3, а лопаті 4 на валу 5 просували б маси в зворотному напрямку. Внаслідок того, що вал 2 обертається з більш високим числом оборотів, ніж вал 5, змішується маса рухається зворотно-поступально, при цьому забезпечується висока якість перемішування.

Привід змішувача здійснюється від електродвигуна через пасову передачу або редуктор, при цьому обертання швидкохідному валу 2 передається від тихохідного 5 через зубчасту передачу 6.

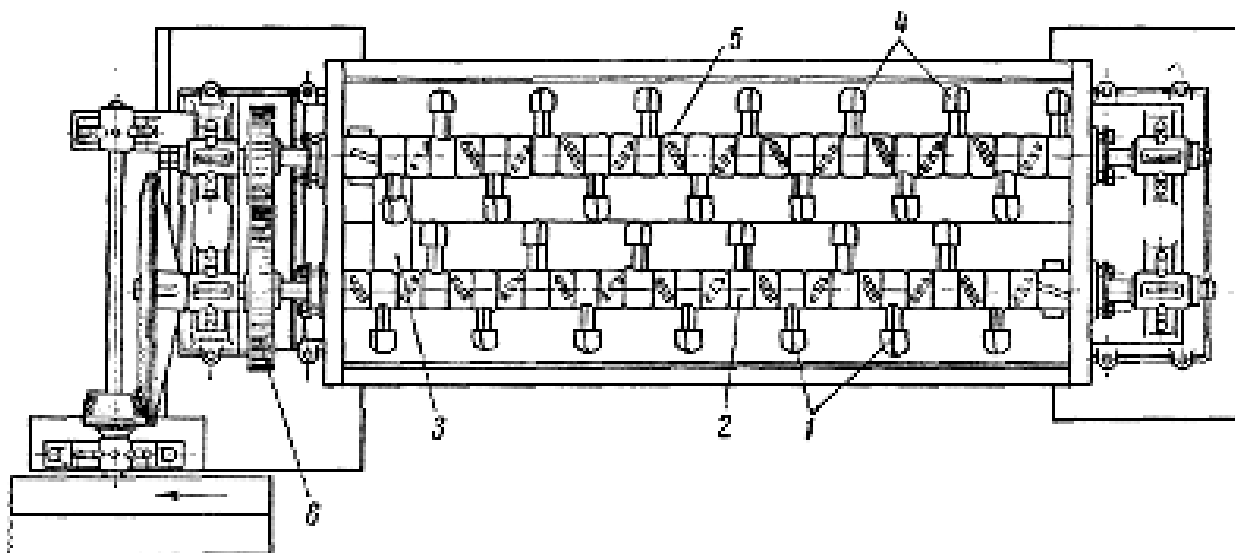


Рисунок 1.11 – Двухвальной протиточний змішувач безперервної дії

Роторні бетонозмішувачі. Основною ознакою конструкцій змішувачів примусової дії є вертикальне або горизонтальне розміщення лопатевого механізму в корпусі машини. Змішувачі з вертикальним розміщенням лопатевого механізму використовують для приготування бетонних сумішей і розчинів будь-якої рухомості та жорсткості й застосовують як самостійно, так і в комплекті обладнання бетонних заводів і бетонозмішувальних цехів заводів

збірного залізобетону. Змішувачі з горизонтальним розміщенням лопатевого механізму застосовують у комплекті бетонозмішувальних установок безперервної дії, а також для приготування будівельних розчинів [7, 8].

Бетонозмішувач роторного типу призначений для приготування жорстких і рухливих бетонних сумішей з крупністю заповнювача до 70 мм.

Бетонозмішувач складається з нерухомого циліндричного корпусу (чаші), ротора зі змішувальними лопатями, привода обертання ротора і електроустаткування.

Змішувальний пристрій – ротор має лопаті і скребки. Лопаті ротора, проникаючи в суміш, відкидають попадають на них порції суміші, одночасно переміщують суміш по коловій траєкторії до периферії або до центру чаші. Суміш перемішується лопатями і у вертикальному напрямку, тобто по глибині. Лопаті укріплені на кронштейнах, які можуть повертатися в корпусі підвіски. Поворот кронштейна обмежується регульовальним болтом, котрим можна відрегулювати зазор між нижньою кромкою лопаті і площиною днища. Для пом'якшення ударів і різких поштовхів, що виникають при попаданні частинок щебеню під лопаті, мається амортизатор. Положення скребоків щодо чаші регулюється за допомогою продовгуватих отворів в них.

За розроблювальному роторному змішувачу відомий ряд винаходів і корисних моделей.

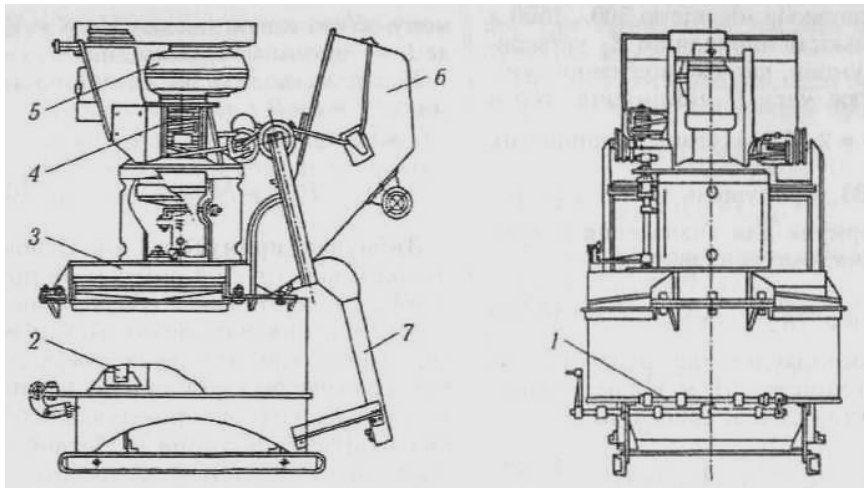
Характерною конструкцією пересувних циклічних змішувачів з вертикально розміщеними валами є роторний змішувач зі скіповим підйомником. Такі змішувачі застосовують на об'єктах з незначним обсягом робіт і мають місткість по завантаженню 50, 100, 250, 375 і 500 л. Вертикальний вал 4 (рисунок 1.12) є ротором змішувача, що з'єднаний одним кінцем з вихідним валом редуктора, а іншим – з лопатевим механізмом, який має вигляд розгалужених кронштейнів із робочими й очисними лопатями. При цьому робочі лопаті розміщені на різній відстані від осі обертання ротора і під різними кутами, що зумовлює інтенсивне перемішування суміші й перекривання всієї ширини кільцевого жолоба нерухомої чаші. Корпус-чаша футерована зносо-

стійкою сталлю і встановлена на рамі 3. У нижній частині чаші є отвір із затвором 8 розвантажувального пристрою, що закріплений на рамі змішувача. Механізм скіпового підйомника складається з ковша 6, каната 14, гальмівного шківів 15 й рами 7, які ковзною шпонкою з'єднані з вертикальним У такий спосіб система «шків – корпус» (рисунок 1.12, б) утворює фрикційну муфту, яка за потреби включається в роботу і дає змогу ковшу підніматися чи опускатися.

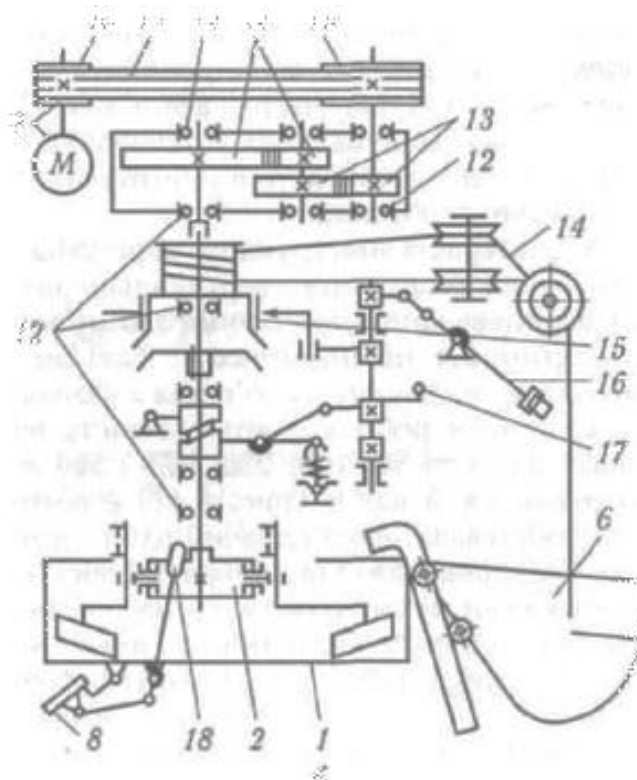
Роторний бетонозмішувач (рисунок 1.12) місткістю 750 л належить до стаціонарних. Особливістю його конструкції є наявність уніфікованого двоступеневого планетарного редуктора 5, встановленого у внутрішньому стакані барабана 6 на одній осі з двигуном 2. Таке конструктивне вирішення дає змогу зменшити габаритні розміри змішувача та його металомісткість. Ротор 1 закріплений безпосередньо на корпусі обертового редуктора. Лопаті утримуються на роторі за допомогою торсіонних кронштейнів, що зменшують їх поломку при заклинюванні щебенем. Щоб зменшити динамічні навантаження на привід, двигун устатковують на гнучких прокладках. Готова суміш вивантажується через затвор 8, який приводиться в рух пневмоциліндром 7. Чаша змішувача закрита кришкою 4, на якій устатковані двигун і апаратура керування 3.

На відміну від цієї схеми конструкції, змішувач із нижнім розміщенням приводу (рисунок 1.13) місткістю 1500 л компактніший завдяки розміщенню приводу саме в нижній частині чаші.

Розрахунок основних параметрів роторних змішувачів. Розрахунковими параметрами роторних змішувачів є продуктивність змішувача  $P$ ; геометричні розміри – внутрішній діаметр чаші  $D$ , середній радіус обертання лопатей  $R_{cp}$ ; кількість змішувальних лопатей  $n$ ; кутова швидкість ротора  $\omega$ .



а)



б)

а – загальний вигляд; б – принципова схема: 1 – корпус-чаша; 2 – змішувальний пристрій; 3 – рама; 4 – вал; 5 – привід; 6 – ківш; 7 – рама скіпового підйомника; 8 – затвор; 9 – двигун; 10 – шківи; 11 – корпус; 12 – підшипники; 13 – зубчасті колеса; 14 – канат; 15 – гальмівний шків; 16 – відбійний важіль; 17 – рукоятка керування гальмом муфти скіпового підйомника; 18 – рукоятка керування затвором валом-ротором.

Рисунок 1.12 – Циклічний роторний змішувач зі скіповим підйомником.

Продуктивність роторних змішувачів визначається так само, як для машин циклічної дії,  $m^3/год$  [1, 3]:

$$P = V_3 Z k_1 k_2 \cdot 10^{-3}, \quad (1.1)$$

де  $V_3$  – місткість змішувача по завантаженню, л;  $Z$  – кількість замісів за годину;  $k_1 = 0,65$  – коефіцієнт виходу суміші;  $k_2 = 0,80 \dots 0,85$  – коефіцієнт використання машини в часі.

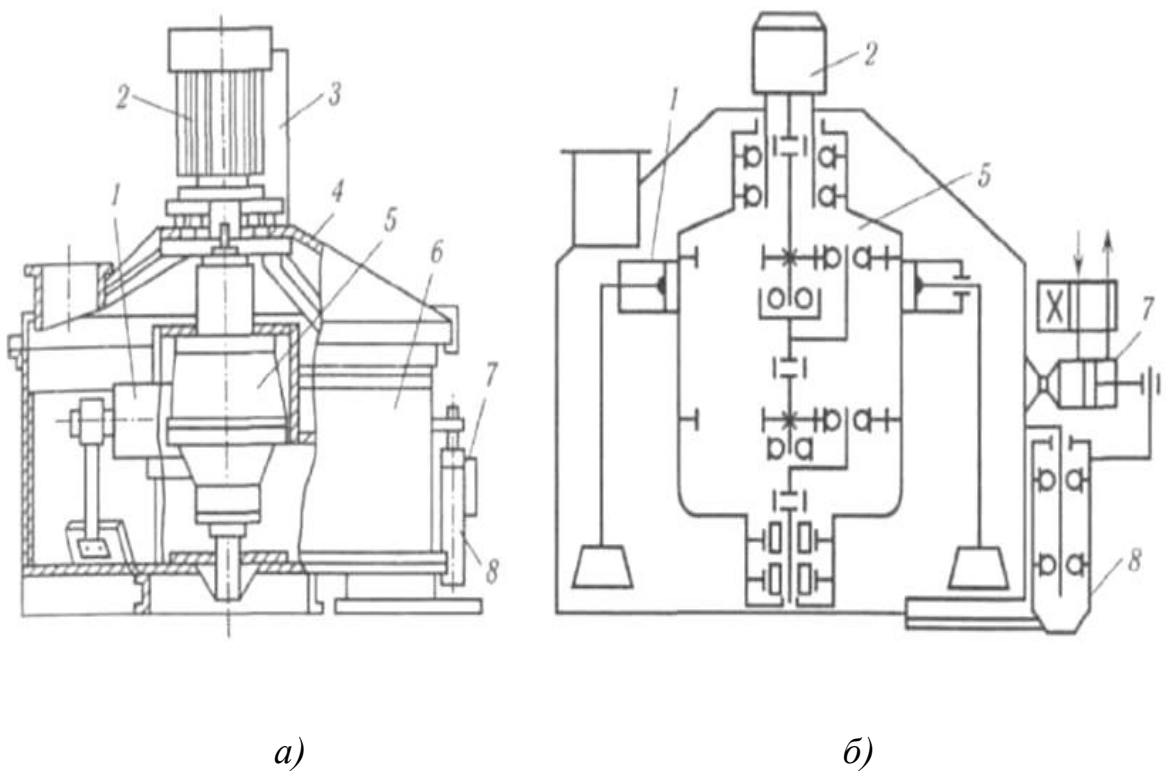


Рисунок 1.13 – Роторний змішувач із вбудованим планетарним редуктором

Кількість замісів

$$Z = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (1.2)$$

де  $t_1 = 15 \dots 20$  – час на завантаження змішувача, с;  $t_2 = 50 \dots 120$  – час на перемішування, с;  $t_3 = 10 \dots 18$  – час на вивантаження суміші, с.

Продуктивність, як правило, за умовою задачі задають. Тому з формули (1.2) можна визначити об'єм  $V_u$ . Максимальний діаметр чаші  $D$  залежить від  $V_3$  і висоти шару суміші в чаші  $h_u$ :

$$D = \sqrt{\frac{4V_u}{\pi h_u}} \quad (1.3)$$

Для змішувачів місткістю (по завантаженню) 500...2000 л  $h_c = 0,13...0,2$  м.

Висоту  $h$  можна визначити також графічним способом (рисунок 1.15, а). Середній радіус кільцевого простору чаші  $R_{cp}$  і діаметр внутрішнього стакана  $d$  (наявність  $d$  унеможливорює утворення мертвих зон компонентів, що перемішуються) перебувають у співвідношенні до діаметра  $t_3 = d = 0,33D$ .

Кількість змішувальних лопатей у роторних змішувачах беруть 5 – 9.

Частоту обертання визначають із припущення, щоб умовна середня швидкість лопатей не перевищувала критичну швидкість. У разі невиконання цієї умови відцентрові сили, що діють на частинку, можуть перевищувати силу тертя і тоді виникне сегрегація компонентів суміші.

Розглянемо схему дії сил па частинку (рисунок 1.15, б). Умова рівноваги сил забезпечується при рівності сил тертя  $Gf + Qf$  і сил інерції  $F_i$ :

$$Gf + Qf = F_i \quad (1.4)$$

$f = 0,4...0,5$  – коефіцієнт тертя суміші об лопать. Силу  $Q$ , що діє на частинку з боку лопаті для забезпечення її пересування по дну, визначають як  $Q = Gf$ .

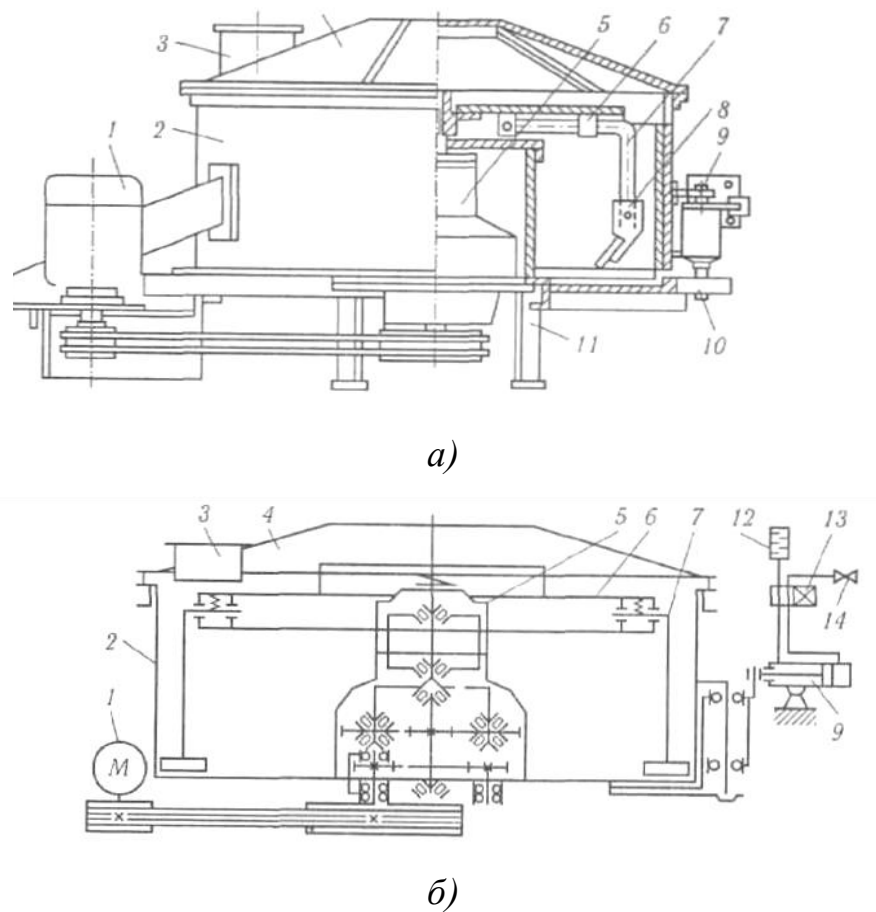
Ураховуючи, що сила інерції  $F_i = m_2 \omega^2 R$  ( $m_2$  – маса частинки,  $m_2 = G/g$ ), дістанемо  $Gf + Qf = \frac{G\omega^2 R}{g}$ , звідки кутова швидкість, рад/с:

$$\omega_{кр} \leq \sqrt{gf \frac{1+f}{R}}, \quad (1.5)$$

де  $R$  — радіус, що найбільше віддалений від осі обертання лопаті,  $m$ .

За рекомендаціями К. М. Корольова, умовну середню швидкість руху можна визначити за формулою [8]:

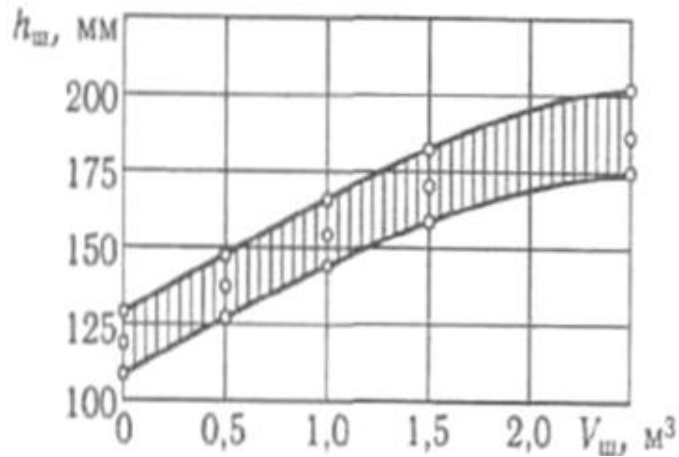
$$v_{cp} = \frac{2}{3} \omega_{кр} R_{cp}. \quad (1.6)$$



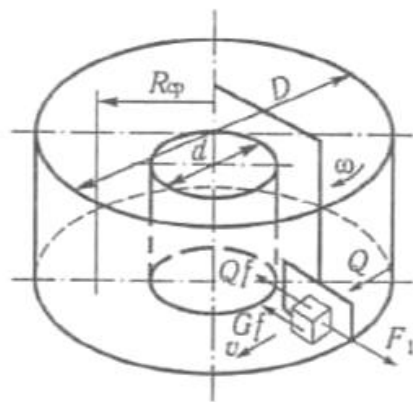
$a$  — конструктивна схема;  $б$  — пневмокінематична схема; 1 — привід; 2 — чаша; 3 — завантажувальний патрубок; 4 — кришка; 5 — редуктор; 6 — траверса; 7 — кронштейн; 8 — лопать; 9 — пневмоциліндр; 10 — замінна; 11 — стояк; 12 — глушник шуму; 13 — повітророзподільник; 14 — вентиль

Рисунок 12— Роторний змішувач із нижнім розміщенням приводу.





а)



б)

а – визначення висоти суміші в барабані; б – схема сил

Рисунок 1.15 – Розрахункова схема роторних змішувачів.

За результатами теоретичного аналізу встановлено, що найбільш ефективними є конструкції вібраційних змішувачів, які вагомо інтенсифікують технологічний процес змішування. Тому патентно-інформаційний огляд спрямуємо на пошук конструкцій різнотипних вібраційних змішувачів.

### 1.3 Патентно-інформаційни огляд

На рисунку 1.16 представлена конструктивна схема одновального лопаткового вібраційного змішувача [9] (патент України на корисну модель №46416).

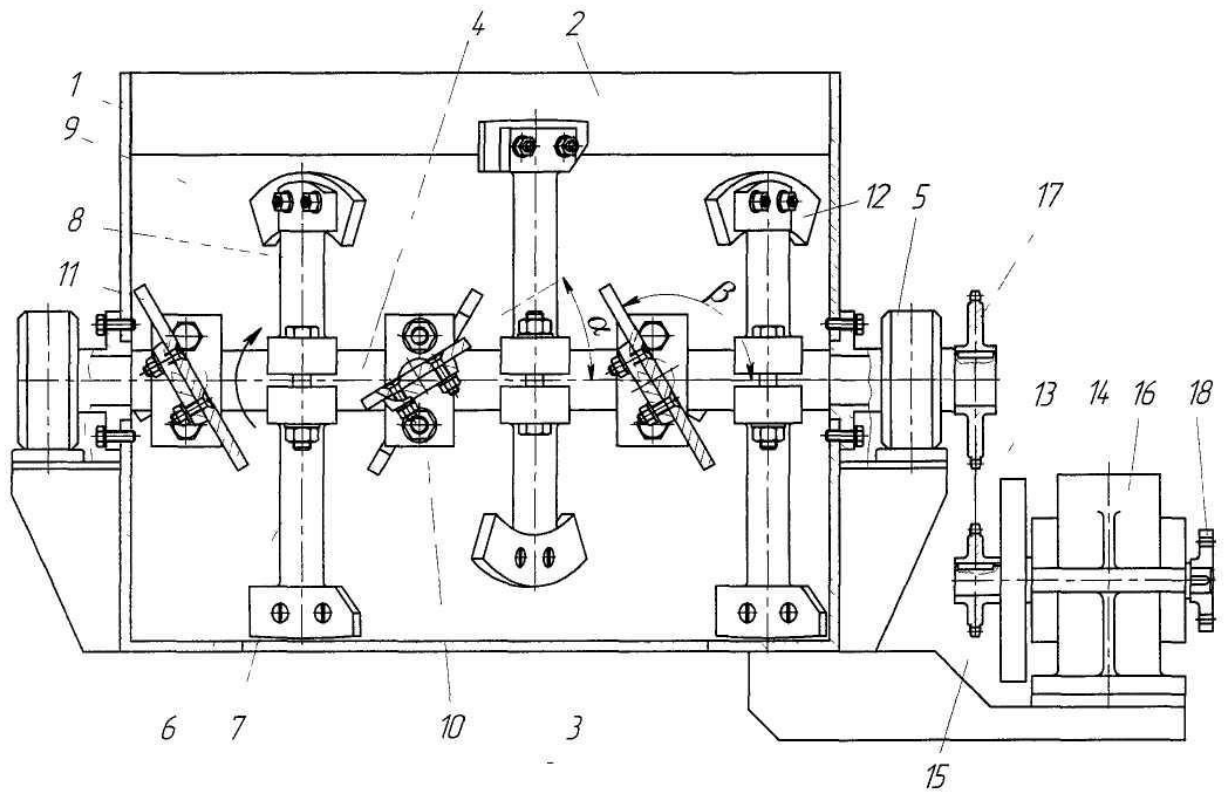


Рисунок 1.16 – Конструктивна схема одновального лопатевого вібраційного змішувача (патент України на корисну модель 46416)

Одновальний лопатевий вібраційний змішувач містить корпус 1 із завантажувальним 2 і вивантажувальним, закритим заслінкою 3, отворами і центральний лопатевий вал 4, змонтований у підшипникових опорах 5, виведених за межі ділянки перемішування. Центральний лопатевий вал 4 забезпечено периферійними лопатями, виконаними у вигляді закріплених на стояках 6 периферійних лопаток 7, і внутрішніми лопатями, виконаними у вигляді закріплених на стояках 8 внутрішніх лопаток 9. Периферійні й внутрішні лопаті попарно зблоковані, мають одну систему кріплення за допомогою різьбових з'єднань 10 і розгорнені відносно осі обертання одна від одної на кут  $180^\circ$ , при цьому робочі поверхні периферійних лопаток нахилені під кутом  $\alpha = 30 \dots 40^\circ$  до площини, паралельної осі вала, і утворюють переривчасту гвинтову лінію в прямому напрямку, а робочі поверхні внутрішніх лопаток нахилені під кутом  $\beta = 120 \dots 130^\circ$  до площини, паралельної осі вала, і утворюють переривчасту гвинтову лінію у зворотному напрямку.

Осі суміжних лопатей однойменного напрямку гвинтової лінії розташовані одна відносно одної під кутом  $90^\circ$ . По ходу закручування кожної переривчастої гвинтової лінії біля торців корпусу 1 змішувача встановлені відбійні лопатки 11 і 12, що мають ті ж самі геометричні параметри, що і основні лопатки, і розгорнені на кут  $180^\circ$ .

Змішувач забезпечений вібраційним збуджувачем крутильних коливань, який складається з ланцюгової передачі 13 і маховика 14. При цьому ведуча зірочка 15 ланцюгової передачі 13 разом з маховиком 14 змонтована на вихідному валу редуктора 16, а ведена зірочка 17 ланцюгової передачі 13 змонтована на вихідному кінці лопатевого вала 4. Вхідний вал редуктора зв'язаний з приводним двигуном (на рисунку 1.17 умовно не зображено) за допомогою напівмуфти 18.

Одновальний лопатевий вібраційний змішувач працює таким чином.

Приводний двигун через редуктор 16 і ланцюгову передачу 13 обертає лопатевий вал 4. При цьому через нерівномірність руху веденої зірочки 17 ланцюгової передачі 13 лопатевий вал одночасно з обертальним рухом піддається дії крутильних коливань з частотою 1750...3000 кол/хв. Таким чином лопатевий вал зазнає складного руху: обертається та одночасно здійснює крутильні (кутові) коливання.

Після вмикання привода через завантажувальний отвір 2 усередину корпусу 1 подають заздалегідь віддозовані мінеральні матеріали і воду.

Під час обертання вала за стрілкою, указаною на рисунку 1.17., лопаті інтенсивно перемішують суміш, одночасно переміщаючи її по двох протилежно направлених потоках: у центральній частині й по периферії. Під дією внутрішніх лопаток 9 суміш переводиться у зважений стан і утворюється центральний потік, який переміщається в подовжньому напрямку до задньої торцевої стінки корпусу та одночасно закручується навкруги подовжньої осі. Під дією периферійних лопаток 7 утворюється кільцевий периферійний потік, який обертається навкруги подовжньої осі та одночасно переміщається в подовжньому напрямку до передньої торцевої стінки корпусу. При

цьому кожна частинка зазнає вихрових рухів і періодично переміщається з одного потоку в інший, що забезпечує інтенсивний масообмін.

Одночасно під дією вібраційної дії з боку вібруючого лопатевого вала в цементобетонній суміші інтенсивно руйнуються агрегати, що складаються зі злиплих частинок цементу, укритих водною плівкою. Суміш стає більш рухомою, швидшає процес обволікання мінеральних частинок в'язучим. У результаті скорочується тривалість перемішування та утворюється однорідна якісна суміш.

Застосування вібраційної дії дозволяє також понизити сили опору на лопаті, що виникають під час перемішування суміші, й відповідно зменшити потужність привода.

Використання відбійних лопаток 13 і 14 усуває утворення застійних зон у змішувачі.

Установка маховика 14 на одному валу із ведучої зірочкою 15 ланцюгової передачі 13 дозволяє отримати стійкий рух крутильних коливань і не припустити явища розкриття стиків у зубчастих передачах редуктора.

Під час відкривання заслінки 3 суміш вивантажується в транспортний засіб.

Використання одновального лопатевого вібраційного змішувача дозволяє на 35 – 40% зменшити потужність привода, на 20...30% скоротити тривалість перемішування цементобетонної суміші й забезпечити отримання якісної цементобетонної суміші.

На рисунку 1.17 представлено конструктивну схему вібраційного змішувача [10] (патент України на корисну модель №49491). Вібраційний змішувач містить корпус 1, який з'єднаний із рамою (на кресленні не показана) за допомогою пружних елементів 2. До корпусу 1 закріплений віброзбуджувач 3 та на стійках 4 закріплений контейнер 5, з можливістю його обертання на 360° навколо горизонтальної осі.

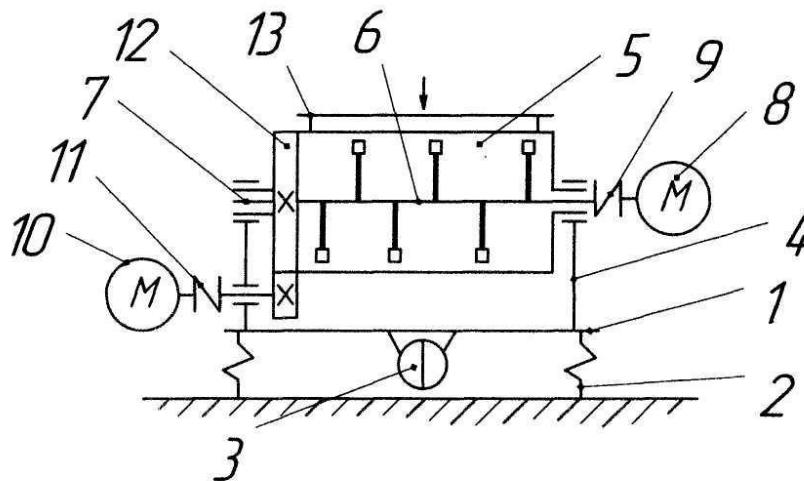


Рисунок 1.17 – Конструктивна схема вібраційного змішувача (патент України на корисну модель №49491)

Всередині контейнера 5 розміщений лопатевий вал 6 на опорах 7. Приводом лопатевого вала 6 є електродвигун 8, який з'єднаний з ним муфтою 9.

Привід контейнера 5 є окремим і містить електродвигун 10, муфту 11 і відкриту зубчасту передачу 12. Контейнер 5 має люк 13, призначений для його завантаження та розвантаження. Люк 13 оснащений засувкою з механізмом її закриття та відкриття (на кресленні не показані). Вібраційний змішувач працює наступним чином. Контейнер 5 через люк 13 завантажують матеріалом для приготування однієї порції суміші і закривають засувку (на кресленні не показана). Вмикають віброзбудувач 3, який приводить в коливально-вібраційний рух корпус 1, змонтований на рамі (на кресленні умовно не показана) на пружних елементах 2. Одночасно з корпусом 1 в коливально-вібраційний рух приходить контейнер 5, разом з завантаженим у нього матеріалом, оскільки він закріплений до корпусу 1 на стійках 4. Вмикають електродвигун 8, який через муфту 9 приводить в обертовий рух лопатевий вал 6, змонтований на опорах 7. Вмикають електродвигун 10, який через муфту 11 і відкриту зубчасту передачу 12 приводить в обертовий рух на 360° навколо горизонтальної осі контейнер 5, разом з завантаженим у нього матеріалом. У результаті одночасної дії на частки матеріалу, що змішують,

вібрацій, що утворює віброзбуджувач 3, турбулізації, що утворює обертання лопатевого вала 6, та обертового руху контейнера 5 на  $360^\circ$  навколо його горизонтальної осі, процес змішування матеріалу інтенсифікується, при цьому послаблюється дія адгезійних сил поміж частками матеріалу за рахунок гравітаційного ефекту. Після закінчення процесу приготування порції суміші вимикають віброзбуджувач 3, електродвигуном 10 через муфту 11 і відкриту зубчасту передачу 12 повертають контейнер 5 у положення, за якого люк 13 знаходиться знизу контейнера 5 та вимикають електродвигун 10. Відкривають засувку (на рисунку 1.18 умовно не показано) люка 13 і за рахунок гравітаційних сил розвантажують матеріал із контейнера 5, при цьому лопатевий вал 6 на опорах 7 може обертатися або бути нерухомим.

В основу цієї корисної моделі була поставлена задача інтенсифікації процесу змішування матеріалів у вібраційному змішувачі і зменшенні адгезійних сил між частками матеріалу за рахунок використання гравітаційного ефекту.

Конструктивна схема вібраційного змішувача згідно патенту України №62633 [11] зображена на рисунку 1.18. Вібраційний змішувач складається із станини 1, на якій за допомогою пружних елементів 2 установлюються тороподібний корпус 3 з електромеханічним приводом і відцентровим віброзбуджувачем 4, заповнений змішуваним сипучим середовищем 5. Віброзбуджувач 4 приводиться у рух від електродвигуна (на рисунку 1.19 не показаний) і являє собою вертикальний вал із встановленими на його кінцях парами дебалансних вантажів, які можна повертати навколо валу і фіксувати їх положення стяжними болтами. Кут  $\alpha$  між площинами, що проходять через центри мас пар дебалансних вантажів та вісь вертикального привідного валу є кутом розвороту дебалансних вантажів. На певній відстані від рами 1 встановлюється вертикальна стійка 6 із прикріпленими до неї пневмоциліндром 7, напрямними 8 та шарнірною 9 втулкою. На штоку пневмоциліндра 7, за допомогою упорного підшипника, встановлена пальцева хрестовина 10, що у свою чергу жорстко кріпиться до штанги 11, на верхньому

кінці останньої жорстко встановлена траверса 12, на кінці якої знаходиться підвіска для вертикальних лопатевих валів. Підвіска встановлюються на траверсі 12 співвісно з вертикальною віссю тороподібного корпуса 3, за допомогою центрального шарніра 13 з вертикальною віссю 14. Крім того, до кінця траверси 12 за допомогою кронштейнів 15, кріпиться центральний нерухомий багатопасовий шків 16 і шумопоглинальний ковпак 17, установлені з зазором співвісно з центральним шарніром 13 і вертикальною віссю 14.

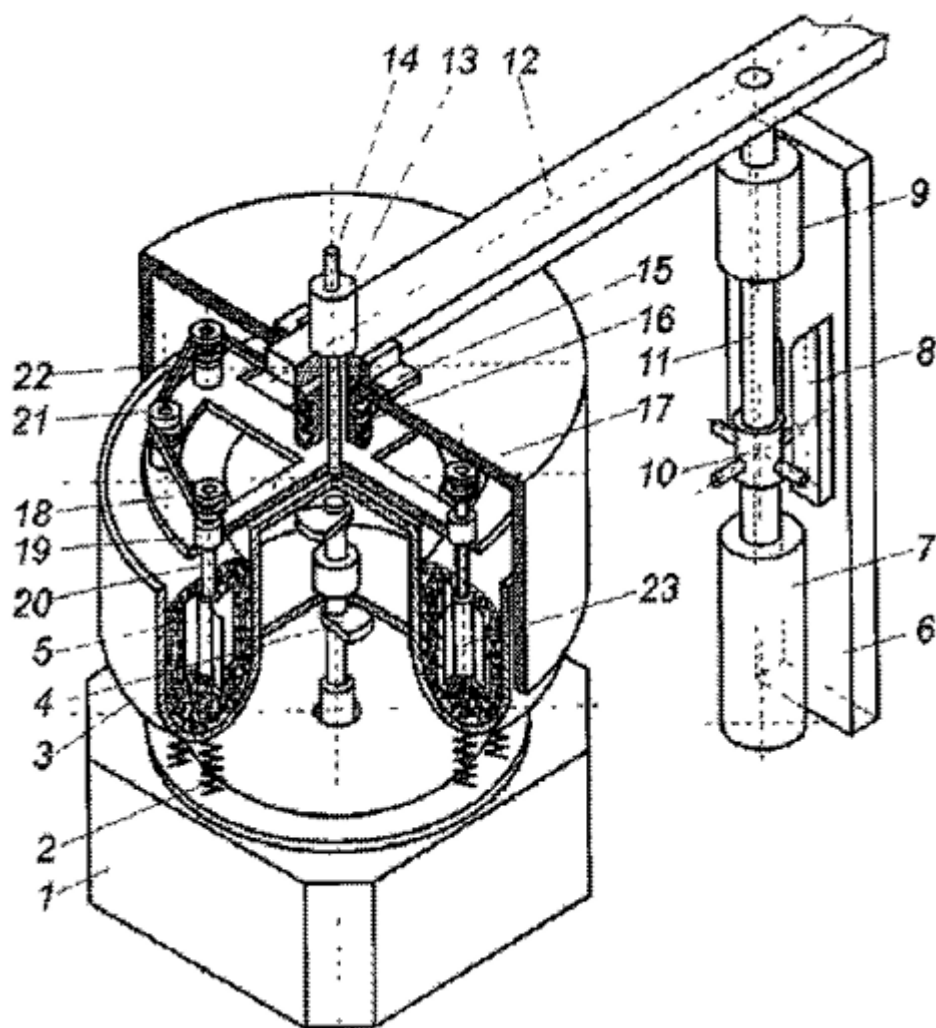


Рисунок 1.18 – Конструктивна схема вібраційного змішувача (патент України на корисну модель №61166)

До нижнього кінця останньої, жорстко кріпиться водило 18, із установленими на ньому, за допомогою вертикальних шарнірів 19, вертикальними лопа-

тевими валами 20, що рівномірно розміщені по колу, яке має радіус рівний радіусу кільцевої осі тороподібного корпусу вібраційного змішувача. До верхніх кінців вертикальних лопатевих валів 20 кріпляться приводні шківів 21, зв'язані з центральним шківом 16 за допомогою пасів 22, а до нижніх – лопатки 23.

Змішувач працює наступним чином при включенні віброприводу, генеруються складні просторові коливання тороподібного корпусу 3, які можна розглядати як суму двох коливань поступальних коливань його центру мас по горизонтальній круговій траєкторії та кутових коливань навколо центру мас. При цьому кожна точка робочої поверхні тороподібного корпусу 3 коливається по траєкторії, яка має форму нахилоного під певним кутом до горизонтальної площини еліпсу. Причому, точки поверхні тороподібного корпусу 3, які лежать на концентричному із віссю вертикального привідного валу 4 колі, здійснюють ці коливання із зсувом фаз одна відносно одної. Такі коливання точок поверхонь тороподібного корпусу 3 можна розглядати як розповсюдження вздовж його кільцевої осі квазіхвилі, яка складаються із біжучих повздовжньої і поперечної квазіхвиль, що зсунуті одна відносно одної на  $90^\circ$ . Причому, хвилеві фронти обох квазі- хвиль мають форму площин, яка проходить через вісь вертикального привідного валу 4, а довжина квазіхвиль рівна довжині концентричного із віссю цього валу кола, вздовж якого вона розповсюджується. Такі коливання точок поверхонь тороподібного корпусу 3, призводять до інтенсивного перемішування і вібротранспортування сипучого матеріалу 5 вздовж кільцевої осі тороїда і навколо неї. Напрямок вібротранспортування шару сипучого матеріалу не залежить від напрямку обертання вертикального привідного валу 4 і завжди здійснюється у напрямку підрахунку кута розвороту дебалансних вантажів, а від нижньої пари дебалансних вантажів до верхньої за умови, що цей кут не більший  $\alpha < 180^\circ$ . Потік сипучого середовища, що здійснює циркуляційний рух, створює динамічний напір, який діє на розміщені в сипучому середовищі лопатки 23, що встановлені на



лопатевих валах 20. У результаті чого, з боку сипучого середовища на лопатевий вал 20 діє сила  $F_K$  викликана лобовим опором останнього.

Лопатеві вали зв'язані за допомогою приводних шківів 21 і пасів 22 з центральним нерухомим багатопасовим шківом 16 і рухаються під напором циркулярного руху сипучого середовища 5, навколо нього, що приводить до обертання лопатевих валів 20 навколо своїх вертикальних осей.

Для збільшення обертового моменту на водилі 18, у змішувачі передбачена можливість встановлення вертикальних вітрильних пластин, що кріпляться до водила 18 і занурюються в сипуче середовище 5, з метою збільшення обертового моменту на водилі, на величину моменту від сил лобового опору вищевказаних пластин. У процесі віброобробки лопатеві вали обертаються навколо власних вертикальних осей 20 і одночасно з водилом навколо центральної осі 14, тобто здійснюють планетарний рух. Одночасно, такий же рух роблять і прикріплені до них лопатки 23. У процесі роботи лопатки постійно повертаються і сприяють кращому перемішуванню сипучого середовища, чим забезпечується висока продуктивність і якість змішування. Після закінчення циклу роботи відкривається вивантажувальний люк (на фіг не показаний) у нижній частині тороподібного корпусу 3 і сипуче середовище під дією вібрації «витікає» із корпусу 3. Для завантаження нової порції сипучого середовища необхідно включити пневмоциліндр 7 і його шток підніме пальцеву хрестовину 10, штангу 11 і траверсу 12, при цьому підвіски разом з лопатевими валами витягаються з корпусів. Після завантаження нової порції сипучого середовища пневмоциліндр 7 виключається і траверса 12 разом зі штангою 11 і підвісками з лопатевими валами 23 починає опускатися під дією власної ваги. У процесі опускання пальцева хрестовина 10 набігає на скошену ділянку напрямних 8 і забезпечує опускання водил 18 та підвісок разом з лопатевими валами 23 строго уздовж вертикальних осей тороподібних корпусів 3. При цьому лопатки занурюються у сипуче середовище і починається процес змішування.

Коливний рух тороподібного корпусу та провертання лопатевих валів у даному вібраційному змішувачі здійснюється від одного привідного електродвигуна, що значно здешевлює та спрощує його конструкцію, при одночасному покращенні якості змішування завдяки використанню корпусу тороподібної форми. При цьому також підвищується надійність роботи ущільнень підшипникових вузлів лопатевих валів, оскільки вони встановлені на водилі і не контактують із змішуваним сипучим середовищем. Шляхом зміни маси пар дебалансних вантажів на привідному валу та їх ексцентриситету, при провертанні дебалансних вантажів один відносно одного у кожній парі, та кут взаємного розвороту пар дебалансних вантажів  $\alpha$ , можна плавно, у широких межах, регулювати складові траєкторії коливань тороподібних корпусів 3 і точок їх поверхонь. При цьому, буде змінюватись інтенсивність циркуляційного руху сипучого матеріалу, а отже ефективність його змішування. Кут взаємного розвороту пар дебалансних вантажів а повинен знаходитись у межах  $30-150^\circ$ , оскільки при інших його значеннях не відбуватиметься ефективного вібротранспортування сипучого матеріалу.

На рисунку 1.19 представлена конструктивна схема змішувача гвинтового вібраційного [12] (патент України на корисну модель №62633). Змішувач гвинтовий вібраційний виконано у вигляді підставки 1, на якій жорстко закріплена опора 2, а зверху на ній встановлено механізм регулювання кута нахилу гвинтового змішувача 3.

До механізму регулювання 3 жорстко закріплено корпус 4 гвинтового змішувача з циліндричною транспортною трубою 5 з можливістю зміни положення кута нахилу, знизу якої жорстко до корпусу 4 закріплено електродвигун 6. До привідного вала електродвигуна 6 через запобіжну муфту 7 під'єднано вал 8, до якого жорстко прикріплено гвинтову спіраль 9, яка по всій довжині зовнішнього діаметра виконана у вигляді радіусних заокруглень глибиною 1,1 – 1,3 ширини спіралі, з їх кількістю 2-3 заокруглення

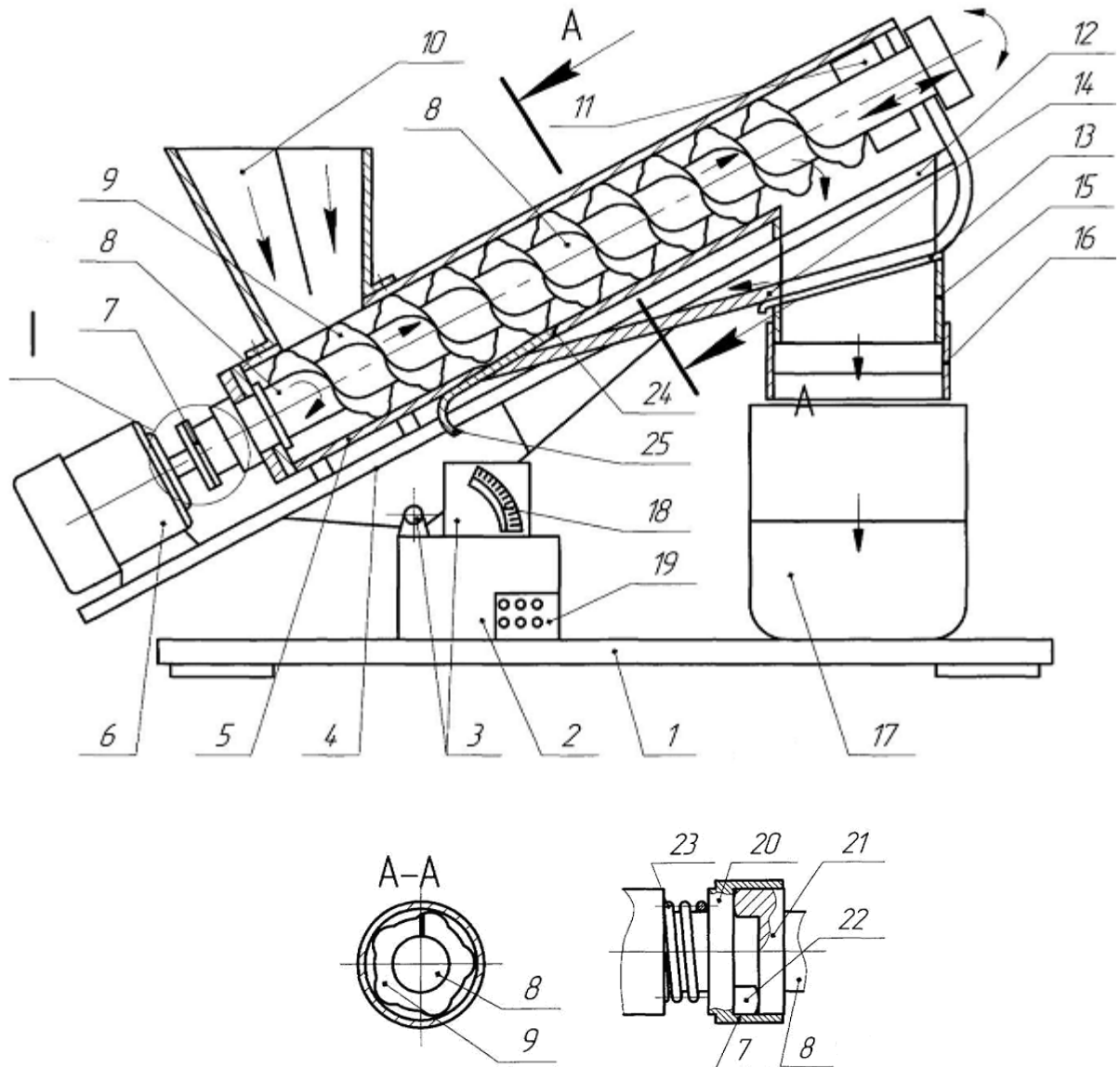


Рисунок 1.19 – Конструктивна схема змішувача гвинтового вібраційного (патент України на корисну модель №62633).

на один виток, а по мірі підйому вверх крок гвинтової спіралі збільшується. При цьому якість змішування покращується за рахунок інтенсивності проникнення сипкого матеріалу однієї фракції в іншу.

Знизу до циліндричної транспортної труби 5 під'єднано бункер 10, а зверху вала 8 жорстко закріплено лопатки 11, які служать для вивантаження змішаного матеріалу у вивантажувальне вікно 12, яке закривають шибром 13. Верхня частина циліндричної транспортної труби виготовлена ро-

зширеної бочкоподібної форми 14, кут нахилу якої є меншим кута нахилу осі змішувача по горизонту.

Така форма труби забезпечує переміщення змішуваного матеріалу по стрілці в нижню частину змішувача по замкнутому циклу при закритому шибері 13. Знизу розширеної бочкоподібної форми 14 труби 5 напроти вивантажувального вікна 15 закріплено рукав 16, яким вивантажувальна зона змішувача з'єднана з ємністю 17. Регулювання положення змішувача в просторі здійснюється по пазу 18 кріпильними елементами, які на кресленні не показані. Керування роботою змішувача здійснюється з пульта керування 19.

Для забезпечення ударних вібрацій в процесі транспортування і змішування порошкових матеріалів, що сприятиме покращенню виконання технологічного процесу без утворення мертвих зон, запобіжна муфта 7 виконана у вигляді з'єднувальної ведучої 20 і веденої 21 півмуфт з півкруглими кулачками 22, які розміщені рівномірно по колу. При цьому ведуча півмуфта 20 жорстко закріплена до привідного вала електродвигуна 6, а ведена півмуфта 21 жорстко встановлена на валу 8 з можливістю кругового і осьового переміщення на шліцьовому з'єднанні (на кресленні не показані) і вони підтиснуті пружиною стиснення 23. Це буде сприяти покращенню умов транспортування порошкових матеріалів і позбавленню утворення мертвих зон в конструкції змішувача.

Крім цього в зоні перевантаження 24 циліндричної транспортної труби 5, в нижній її частині, встановлено шиберне 25 перекриття.

Робота змішувача гвинтового вібраційного здійснюється наступним чином.

В бункер 10 засипають складники змішування в заданих пропорціях. Сипкий матеріал поступає по стрілці на шнек 9, який обертається при закритому шибері 13, і при обертанні шнека матеріал змішується і переміщується вгору і за допомогою пересипних лопаток 11 поступає на розширену частину 14 бочкоподібної форми труби 5 і під власною вагою сповзає в нижню частину шнека по замкнутому циклу роботи при закритому шибері перекриття

25. При готовності до використання сипкого матеріалу шибер 13 відкривається і цей матеріал по рукаву 16 висипається в ємність 17.

В разі потреби кут нахилу змінюють відомими способами. Робота змішувача гвинтового вібраційного може здійснюватися в двох режимах роботи: неперервному, коли шибер 13 постійно відкритий, і другий по замкнутому циклу з пересипом, коли для забезпечення високої якості змішування сипкий матеріал проганяють при закритому шибері 13. Останній відкривають, коли матеріал готовий до вивантаження.

До переваг змішувача гвинтового вібраційного відноситься розширення технологічних можливостей і покращення якості змішування і позбавлення умов утворення мертвих зон.

За результатами патентно-інформаційного пошуку розробці роторного змішувача, встановлено, що найбільш доцільним є розробка змішувача з механічним вібраційним приводом. Метою МКР є розробка вібраційного змішувача з механічним генератором коливань з підвищеною ефективністю перемішування. Також за результатами теоретичного огляду сформовані задачі, які потрібно вирішити в процесі досягнення мети:

- виконати теоретичний існуючих конструкцій та способів змішування, зокрема здійснити огляд патентно-інформаційних джерел;
- за результатами теоретичного дослідження розробити конструктивну схему вібраційного змішувача з механічним генератором коливань з покращеними характеристиками;
- виконати необхідні для розробки нової конструкції змішувача проектні та перевірочні розрахунки;
- запропонувати заходи з охорони праці та цивільного захисту по експлуатації розробленої конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань;
- Виконати розрахунки з економічної доцільності розробки нової конструкції змішувача.

## 2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МЕХАНІЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ КОЛИВАНЬ

Пропонована конструктивна схема роторного змішувача з механічним генератором коливань представлений на рисунку 2.1. Вібраційний змішувач містить камеру 1 змішування з вікнами завантаження 2 і вивантаження 3 матеріалів відповідно, ротор 4 з приводом 5 обертання, виконаний з лопатями 6, 7, вібратор 8, виконаний з корпусом 9 і жорстко закріплений в середині камери змішування, вібратор 8 виконаний з функцією збудження двох однакових по амплітуді та різних за частотою вібраційних полів за допомогою верхнього 10 і нижнього 11 кривошипно-шатунних механізмів, а корпус 9 вібратора 8 виконаний у вигляді металевої гофрованої оболонки, що представляє собою гофроване тонкостінне тіло обертання, що утворює в перерізі вертикальної площини по точках вершин гофр складну зрізану геометричну фігуру, утворену середнім перетином чотирьох кіл з центрами, складовими вершини квадрата даного квадрата, та виконаної з можливістю створення двочастотних вібраційних полів, відповідних у сукупності за формою гофрованому контуру даного тіла обертання, з різноспрямованими коливаннями, всередині якої по центру горизонтальній площині жорстко закріплений диск 12 з циліндричним виступом 13, виконаним з можливістю вставки і закріплення по внутрішньому діаметру пружини 14, встановленої з функцією у стакані 15, до центру верхньої внутрішньої частини якого жорстко закріплений шатун 16 з приводом від верхнього 10 кривошипно-шатунного механізму, а до центру верхньої зовнішньої частини – штовхач 17, жорстко закріплений іншим кінцем до внутрішньої верхньої частини металевої гофрованої оболонки і виконаний з функцією корпусу збудження 9 вібратора через 8 шатун 16 за допомогою верхнього 10 кривошипношатунного механізму.

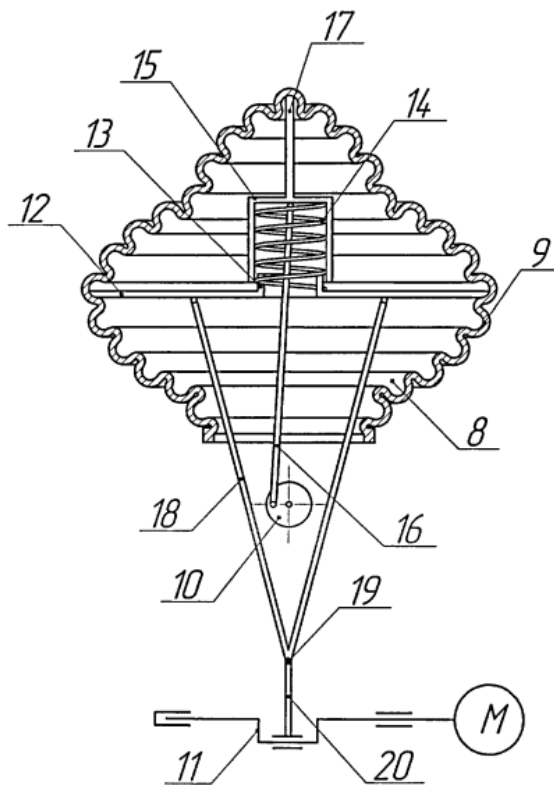
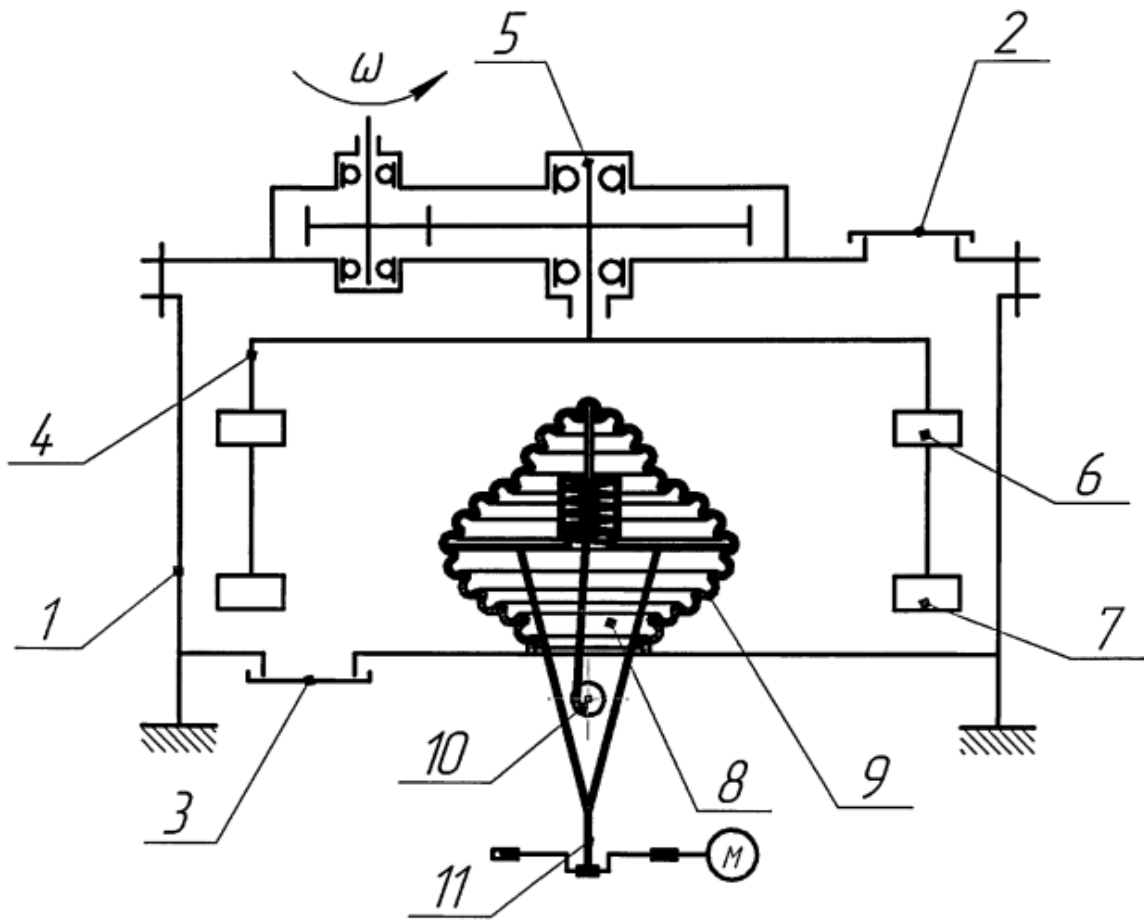


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема роторного змішувача з механічним генератором коливань

Причому диск 12, функцією якого є створення рівномірного розподілу по всьому об'єму камери 1 змішування вібраційного поля від верхньої до нижньої частини корпусу 9 за допомогою створення однорідних амплітудних значень переміщень кожної точки зовнішньої генерується металевою гофрованою оболонкою, виконаний з можливістю збудження коливань від центральної частини корпусу 9 вібратора 8 за допомогою чотирьох штовхачів 18, верхньою частиною симетрично закріплених до нижньої частини диска 12, а нижньою частиною з'єднаних у вузол рухомого шарніра 19 шатуна 20 нижнього 11 кривошипношатунного механізму.

Пристрій працює наступним чином: спочатку складові бетонної суміші, склад якої підбирається попередньо, через вікно завантаження 2 пошарово завантажуються в камеру змішування 1 наступної послідовності: на дно змішувача укладається пісок, потім цемент, після чого щебінь, в останню чергу рівномірно на всю завантаження подається необхідна кількість води. Потім включаються приводи вібратора 8 і привід обертання 5 ротора 4 з лопатями 6, 7. Привід 5 обертає ротор 4 і лопаті 6, 7, тим самим перемішуючи суміш. Токатель 17 через стакан 15 пружини 14 і шатун 16 за допомогою верхнього кривошипно-шатунного механізму 10 здійснює зворотно-поступальні рухи, тим самим, збуджуючи коливання верхньої частини корпусу 9, виконаного у вигляді гофрованої металевої оболонки, являє собою тіло обертання, що утворює в перерізі вертикальної площини по точках вершин гофр складну усічену геометричну фігуру, утворену середнім перетином чотирьох кіл з центрами, що становлять вершини квадрата, і радіусами, рівними діагоналі даного квадрата.

При цьому диск 12, функцією якого є створення рівномірного розподілу по всьому об'єму камери 1 змішування вібраційного поля від верхньої до нижньої частини корпусу 9 допомогою створення однорідних амплітудних значень переміщень кожної зовнішньої точки точки утворює металевої гофрованої оболонки, збуджує коливання центральної частини корпусу 9 чотирьох штовхачів 18, верхньою частиною симетрично закріплених до нижньої



частини диска 12 а нижньою частиною з'єднаних у вузол рухомого шарніра 19 шатуна 20 нижнього 11 кривошипно-шатунного механізму. Після закінчення заданого часу привід 5 ротора 4 і приводи кривошипно-шатунних механізмів 10, 11 відключаються, і готова бетонна суміш через вікно 3 корпусу 1 змішувача вивантажується.

Розроблена конструкція, на нашу думку, має такі переваги:

– корпус вібратора, виконаний у вигляді металевої гофрованої оболонки, що представляє собою гофроване тонкостінне тіло обертання, що утворює в перерізі вертикальної площини по точках вершин гофр складну геометричну фігуру, яка утворена середнім перерізом чотирьох кіл з центрами, складовими вершини квадрата, та радіусами, рівними діагоналі даного квадрата, та виконаної з можливістю створення двочастотних вібраційних полів, відповідних у сукупності за формою гофрованого контуру даного тіла обертання, дозволяє, з одного боку, реалізувати можливість створення по всьому об'єму камери змішувача на змішуваних компоненти бетонної суміші вібраційної дії, повністю виключає наявність у камері змішування «глухих» зон, а з іншого – виключити вібраційну дію на привід вібратора, максимально реалізувати захист підшипникових вузлів приводу вібратора від попадання в них дрібних частинок матеріалів, що перемішуються, а також реалізувати можливість повної передачі «корисного» вібраційного впливу на оброблюваний матеріал.

– реалізація конструкції вібратора двох механізмів, що включають: штовхач, стакан, пружину, шатун верхнього кривошипно-шатунного механізму і диск з чотирма штовхачами, виконаними з рухомим шарніром шатуна нижнього кривошипношатунного механізму, забезпечує створення однорідних амплітудних значень переміщень кожної точки зовнішньої утворює металевої гофрованої оболонки, тим самим дозволяє здійснити однорідний розподіл вібраційного поля в камері змішування, дозволяє реалізувати якісну інтенсифікацію процесу перемішування компонентів суміші при багаточастотному вібруванні, що полягає в одночасному впливі на бетонну суміш коли-

вань двох і більше частот і дозволяє при накладенні один на одного кривих коливань збільшувати швидкість руху частинок суміші, що підвищує ефективність вібрації. Багаточастотне вібрування, виходячи з того, що кожній величині зерна відповідає власна частота коливань, може розглядатися як на найбільшу кількість зерен, тобто. інтенсивність багаточастотного вібрування вища, ніж інтенсивність кожного зі складових його коливань, що дозволяє скоротити цикл перемішування бетонних сумішей.

– конструкція змішувача дозволяє реалізувати підвищення продуктивності, зниження витрат енергії на процес змішування, підвищення рухливості та турбулізації суміші, обумовлених однорідним тиксотропним руйнуванням структури матеріалу у всьому просторі камери змішування, що проявляється у зменшенні питомого опору руху лопаті в бетонній суміші порівняно з питомим опором руху лопаті неруйнованого матеріалу. У зв'язку з цим зменшується опір переміщенню лопатей і споживана потужність приводу обертання ротора. Разом з тим досягається ефект віброкипіння суміші під дією коливальних процесів корпусу вібратора, більша турбулізація і інтенсивніша циркуляція частинок суміші, в результаті чого скорочується час змішування, підвищується продуктивність змішувача.

В даному розділі виконаний опис конструкції та принцип дії розробленого роторного змішувача з механічним генератором коливань.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок годинної продуктивності змішувача

Годинну продуктивність роторного бетонозмішувача циклічної дії визначаємо за формулою [8]:

$$П_{Г.С} = \frac{V_{Г} \cdot z}{1000}, \frac{м^3}{год}, \quad (3.1)$$

де  $V_{Г}$  – об'єм готового замісу, л;

$$V_{Г} = k_{Г.С} \cdot V_{ВМ}, л \quad (3.2)$$

де  $V_{ВМ}$  – місткість завантаження сухих компонентів по прототипу  $V_{ВМ} = 1500$  л;

$k_{Г.С}$  – коефіцієнт виходу готової суміші,  $k_{Г.С} = 0,6 \dots 0,7$ ;

$z$  – число циклів за год;

$$z = \frac{3600}{T} = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3}, \frac{циклів}{год}, \quad (3.3)$$

де  $T$  – тривалість одного циклу, с;

$t_1$  – час завантаження компонентів в чашу,  $t_1 = 10 \dots 20$  с;

$t_2$  – тривалість перемішування,  $t_2 = 50 \dots 120$  с;

$t_3$  – час вивантаження готової суміші,  $t_3 = 10 \dots 30$  с;

$$V_{Г} = 0,67 \cdot 1500 = 1000 л;$$

$$z = \frac{3600}{15 + 50 + 25} = 40 \frac{циклів}{год};$$

Тоді годинна продуктивність буде рівною:

$$P_{г.с} = \frac{1000 \cdot 40}{1000} = 40 \frac{м^3}{год}$$

Для забезпечення заданої годинної продуктивності бетонного заводу  $P_{г.з} = 70 \frac{м^3}{год}$ , приймаємо два бетонозмішувача з повним комплектом технологічного обладнання для кожного.

### 3.2 Визначення оптимальних геометричних параметрів змішувача

Внутрішній діаметр чаші визначаємо по формулі [8]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{г}}{\pi \cdot h}}, м, \quad (3.4)$$

де  $V$  – об'єм готового замісу,  $м^3$ ;

$h$  – висота шару в часі,  $h = 0,19$  м;

Внутрішній діаметр чаші буде рівним:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,19}} = 2,6 м$$

Середній радіус обертання лопатей визначимо по формулі:

$$R_{ср} = 0,33 \cdot D, м \quad (3.5)$$

$$R_{ср} = 0,33 \cdot 2,6 = 0,85 м$$

### 3.3 Визначення потужності приводного двигуна

Потужність приводного двигуна в роторному бетонозмішувачі витрачається на подолання сил тертя, що виникають при русі суміші по днищу чаші, суміші знаходиться перед лопаттю, призми матеріалу, а також на розрізання лопаттю маси матеріалу.

Під час обертання ротора з певною кутовою швидкістю виникає момент опору, що є сумою моментів, необхідних для обертання кожної з лопатей або скребків ротора, Н · м [13, 14]:

$$M_{\text{СУМ}} = \sum M_i \quad (3.6)$$

де  $M$  – момент, необхідний для обертання лопаті;

$i$  – кількість лопатей.

Момент, необхідний для обертання лопаті визначаємо по формулі, Н·м [13]:

$$M_i = P \cdot F_i \cdot R_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \cos \beta_i, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.7)$$

де  $P$  – питомий опір бетонної суміші руху лопаті, Па,  $P = (3 \dots 6) \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;

$F_i$  – площа  $i$ -ї лопаті або скребка скребка,  $\text{м}^2$ ;

$$F_i = l_i \cdot b_i, \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

де  $l_i$  – довжина  $i$ -ї лопаті, м;

$b_i$  – висота  $i$ -ї лопаті або скребка, м;

$R_i$  – відстань от центра  $i$ -ї лопаті до центра обертання ротора, м;

$\alpha_i$  – кут нахилу  $i$ -ї лопаті до горизонтальної площини, град;

$\beta_i$  – кут нахилу  $i$ -ї лопаті до вертикальної площини, град

Розміри лопатей, кількість скребків, відстані від центру кожної лопаті або скребка, кути нахилу лопатей до горизонтальної і вертикальної площини приймаємо по прототипу.

Площа лопатей і скребків визначаємо за формулою (3.8):

$$F = 0,35 \cdot 0,1 = 0,035 \text{ м}^2;$$

$$F_C = 0,26 \cdot 0,1 = 0,025 \text{ м}^2;$$

За формулою (3.7) знаходимо крутний момент для кожної лопаті і для скребка:

$$M_1 = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,035 \cdot 1 \cdot \cos 39^\circ \cdot \cos 30^\circ = 1413 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,035 \cdot 0,75 \cdot \cos 43^\circ \cdot \cos 30^\circ = 998 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,035 \cdot 0,84 \cdot \cos 41^\circ \cdot \cos 30^\circ = 1153 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,035 \cdot 1,175 \cdot \cos 40^\circ \cdot \cos 30^\circ = 1637 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,035 \cdot 0,86 \cdot \cos 42^\circ \cdot \cos 30^\circ = 1162 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_6 = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,035 \cdot 0,58 \cdot \cos 39^\circ \cdot \cos 30^\circ = 820 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_c = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,026 \cdot 1,23 \cdot \cos 58^\circ = 1017 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Тоді сумарний крутний момент буде рівним:

$$M_{\text{СУМ}} = 1413 + 998 + 1153 + 1637 + 1162 + 820 + 1017 = 8200 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Потрібну потужність електродвигуна визначим по формулі:

$$P_{дв} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_{сум}}{60 \cdot 1000 \cdot \eta}, \text{кВт}, \quad (3.9)$$

де  $n$  – частота обертання вала ротора,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \text{хв}^{-1}, \quad (3.10)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість обертання,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\eta$  – ККД привода,  $\eta = 0,8 \dots 0,85$ ;

Кутова швидкість обертання не повинна перевищувати критичну кутову швидкість, яка визначається з умови рівноваги частинки на лопаті.

Розрахункова схема для визначення критичної кутової швидкості представлена на рисунк 3.1.

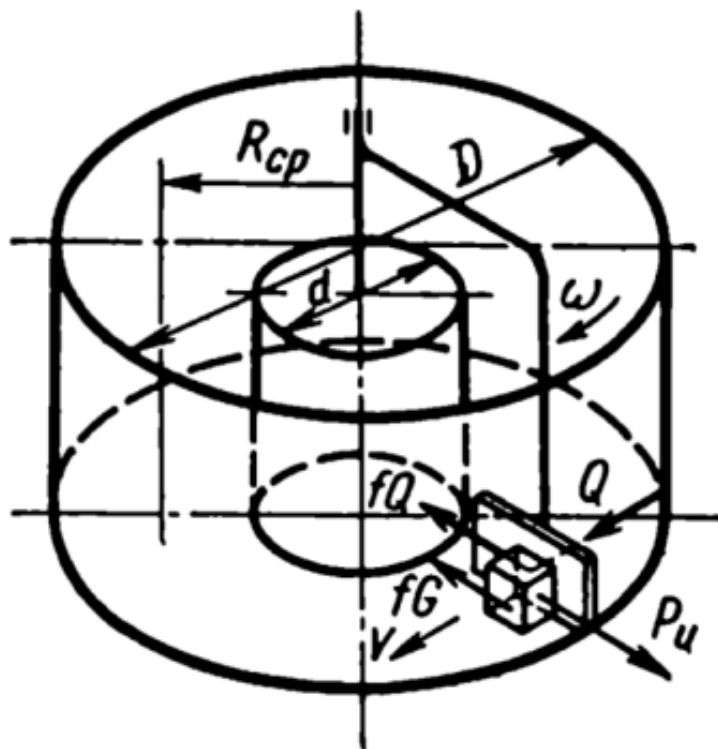


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення критичної швидкості

Із схеми (рисунок 3.1) видно, що частина не буде відкидатися до периферії при умові рівності сил тертя  $f \cdot G$  і  $f \cdot Q$  силі інерції  $P_i$ :

$$f \cdot G + f \cdot Q = P_i \quad (3.11)$$

де  $G$  – сила тяжіння частинки

$Q$  – сила, діюча на частинку з боку лопаті для забезпечення її переміщенні по днищу.

$$Q = f \cdot G \quad (3.12)$$

Силу інерції визначимо по формулі:

$$P_{инер} = \frac{G}{g} \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (3.13)$$

Тоді формула (3.11) буде мати наступний вигляд:

$$f \cdot G + f^2 G = \frac{G}{g} \cdot \omega_{кр}^2 \cdot R \quad (3.14)$$

Критичну кутову швидкість обертання визначаємо за формулою [15]:

$$\omega_{кр} \leq \sqrt{\frac{g \cdot f \cdot (1 + f)}{R}}, \text{ с}^{-1} \quad (3.15)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя маси об лопаті,  $f = 0,4 \dots 0,6$ ;

$R$  – радіус, найбільш віддалений від осі обертання лопаті,  $\text{м}$ , по протипу  $R = 1,3 \text{ м}$ ;



$$\omega_{KP} \leq \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,6 \cdot (1 + 0,6)}{1,3}} = 2,69 \text{c}^{-1}$$

Критичну частоту обертання буде дорівнювати [16]:

$$n_{KP} = \frac{30 \cdot 2,69}{3,14} = 25,72 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо робочу частоту обертання ротора  $n = 25 \text{ хв}^{-1}$ .

Потрібна потужність двигуна буде дорівнювати:

$$P_{ДВ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 8200}{60 \cdot 1000 \cdot 0,8} = 26,8 \text{кВт}$$

У відповідності з розрахунками, необхідна потужність електро-двигуна дорівнює  $P_{ДВ} = 26,8 \text{ кВт}$ . Для забезпечення розрахункової потужності вибираємо двигун асинхронний АМУ250М6 У2 с потужністю двигуна  $P = 37 \text{ кВт}$ , частотою обертання вихідного вала  $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$ .

### 3.4 Визначення параметрів генератора механічних коливань

Генератор механічних коливань (МГК) виконаний у вигляді зварного сильфона, що приводиться в рух за допомогою мотор-редуктора через шток або за допомогою вібратора спрямованих коливань.

Розрахункова схема для визначення сили розтягу або стиску сильфона показана на рисунку 3.2.

Силу стискання чи розтягування сильфона визначаємо за формулою [17]:

$$F = K_F \cdot S, H, \tag{3.16}$$

де  $K_F$  – жорсткість сільфона,  $\frac{H}{мм}$ ;

$S$  – вільний хід сільфона, що чиниться під дією сили, мм,  $S = 50$  мм.

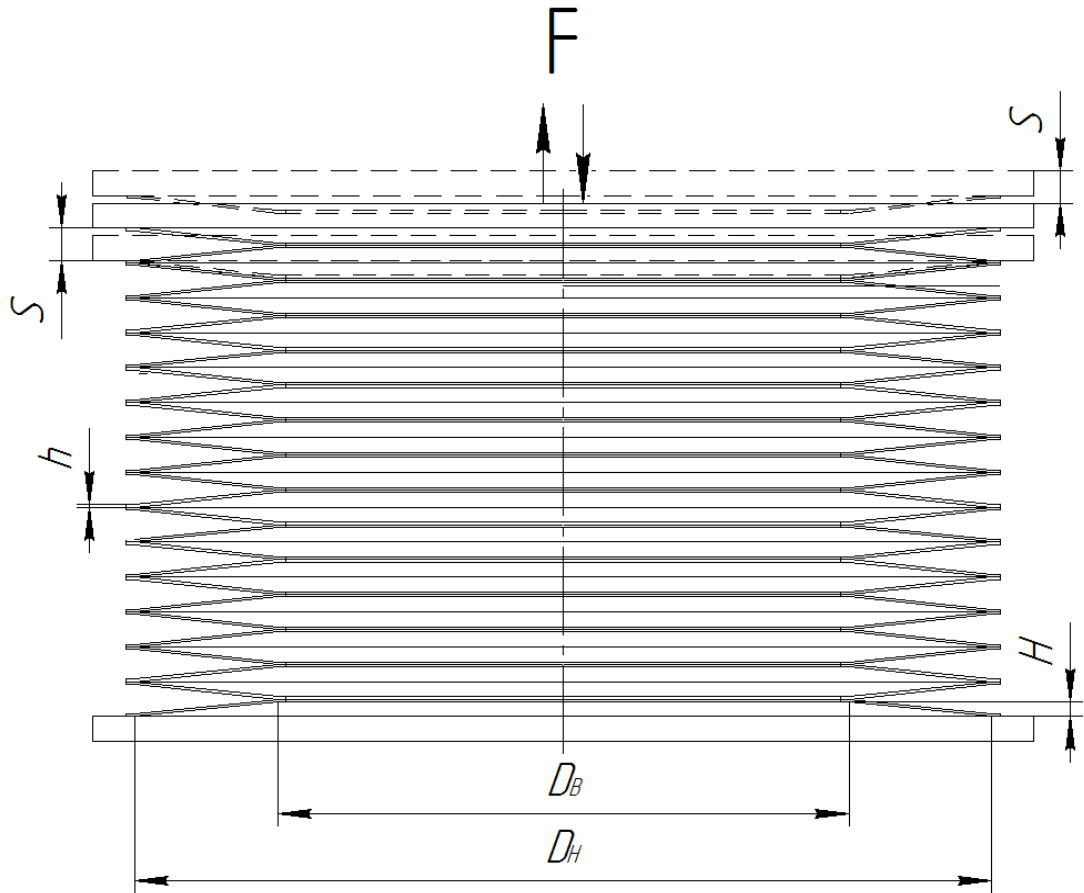


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для визначення сили стискання або розтягування

Жорсткість сільфона визначаємо за формуло [17, 18]:

$$K_F = \frac{\pi \cdot \overline{K_F} \cdot E \cdot h^3}{n \cdot R_H^2}, \frac{H}{мм}, \quad (3.17)$$

де  $\overline{K_F}$  – відносна жорсткість мембрани сільфони, обумовлена по номограмі для зварних сільфонів типу II;

$E$  – модуль пружності, МПа,  $E = 2,06 \cdot 10^5$  МПа;

$h$  – товщина оболонки сільфону, мм,  $h = 1,5$  мм;

$n$  – кількість мембран в сільфоні,  $n = 36$ ;

$R_H$  – зовнішній радіус сільфона, мм,  $R_H = 255$  мм;

Величина відносної жорсткості залежить від наступних факторів:  
параметра глибини гофрування і відносної глибини гофрування.

Параметр глибини гофрування визначаємо за формулою:

$$k = \frac{R_H}{R_B}, \quad (3.18)$$

де  $R_H$  – внутрішній радіус сільфона, мм,  $R_H = 170$  мм;

Тоді параметр глибини гофрування буде дорівнювати:

$$k = \frac{255}{170} = 1,5$$

Відносну глибину гофрування визначаємо за формулою:

$$c = \frac{H}{h}, \quad (3.19)$$

де  $H$  – висота гофрировки, мм,  $H = 9$  мм;

Відносну глибину гофрування визначаємо за формулою:

$$c = \frac{9}{1,5} = 6$$

За величиною параметра глибини гофрування і відносної глибини гофрування визначаємо відносну жорсткість мембрани сільфона  $\overline{K}_F = 40$ .

Жорсткість сільфона буде дорівнює:

$$K_F = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 2,05 \cdot 10^5 \cdot 1,5^3}{36 \cdot 255^2} = 69,6 \frac{H}{мм}$$

Тоді сила необхідна для стиснення або розтягування сільфона буде дорівнювати:

$$F = 69,6 \cdot 50 = 3480. Н$$

Визначаємо крутний момент на валу мотор-редуктора, створюваний силою стиснення сільфона, для механічного віброзбуджувача з приводом від мотор-редуктора визначаємо за формулою [13]:

$$M = F \cdot r, Н \cdot м, \quad (3.20)$$

де  $r$  – радіус від точки прикладання сили до осі вала мотор редуктора,  $м$ ,  
 $r = 0,05 м$ ;

Крутний момент на валу мотор-редуктора, створюваний силою стиснення сільфона буде дорівнювати:

$$M = 3480 \cdot 0,05 = 174 Н \cdot м.$$

Необхідна потужність електродвигуна визначаємо за формулою:

$$P_{дв} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot M}{60 \cdot 1000 \cdot \eta}, кВт, \quad (3.21)$$

де  $n_1$  – частота обертання вихідного валу мотор-редуктора,  $n_1 = 250 \text{ хв}^{-1}$  ;

Потрібна потужність буде рівна:

$$P_{дв} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 250 \cdot 180,36}{60 \cdot 1000 \cdot 0,85} = 5,45 кВт$$

У відповідності з розрахунками, необхідна потужність електро-двигуна дорівнює  $P_{ДВ} = 5,45$  кВт. Для забезпечення розрахункової потужності і прийнятої частоти обертання, вибираємо мотор-редуктор МПО-1М-10-5,74-5,5/250 с потужністю двигуна  $P = 5,5$  кВт, частотою обертання вихідного вала  $n_2 = 250$  хв<sup>-1</sup> і моментом на вихідному валу  $T_2 = 206$  Н·м.

Розрахункова сила стиснення або розтягування сільфона МГК з приводом від електромеханічного вібратора, забезпечується електро-механічним вібратором загального призначення ІВ-101Б з направленими коливаннями, з наступними технічними характеристиками:

Число полюсів	2
Швидкість обертання, хв <sup>-1</sup> (Гц)	3000 (50)
Змушуюча сила, (кН)	2,5...5,0
Статичний момент, (кг·см)	2,6...5,1
Напруга живлення, (В)	42; 380; 3 фази
Частота струму, (Гц)	50
Потужність номінальна, (кВт)	0,25
Потужність споживана, (кВт)	0,50
Габаритні розміри, мм:	
висота	330
довжина	300
ширина	180
Маса, (кг)	17

Вібратор може працювати з регульованим електронним перетворювачем частоти, що дозволяє міняти частоту вібрації від 0 до 1,5 номінальної, в межах допустимої величини збуджувальної сили, еко-

номити електроенергію, обмежувати пускові струми, вибирати оптимальний режим робіт.

### 3.5 Розрахунок на міцність елементів змішувачі

#### 3.5.1 Розрахунок лопатетримача

Розрахунок лопатетримача на міцність ведемо для лопаті найбільш віддаленої від осі обертання ротора і зануреною на найбільшу глибину в суміш, так як в цьому випадку на лопатетримач будуть діяти найбільші зусилля. Розрахункова схема лопатетримача представлена на рисунку 3.3.

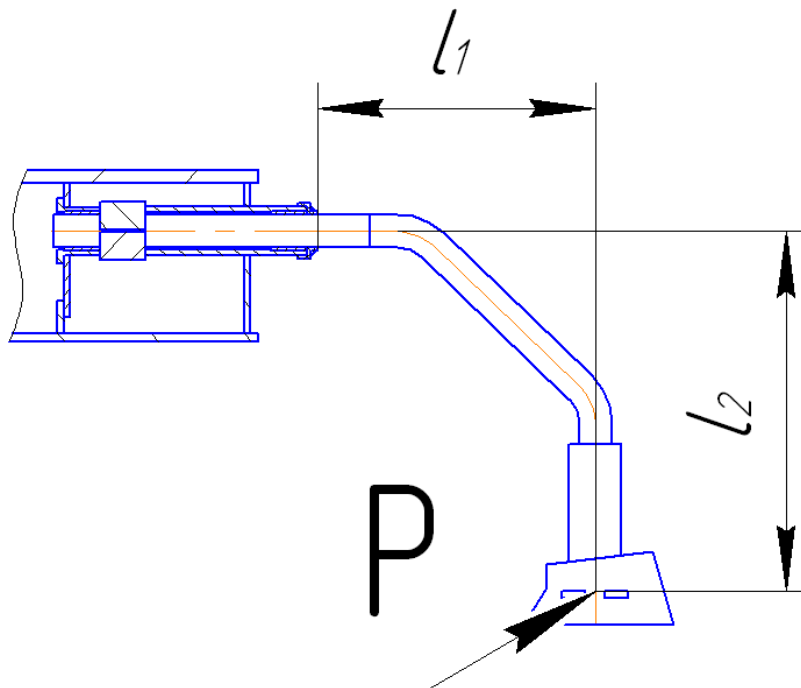


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема лопатетримача

Напруження в небезпечному перерізі лопатетримача визначаємо за формулою [2]:

$$\sigma = \frac{M_{\text{ПР}}}{W}, \text{ МПа}, \quad (3.22)$$

де  $M_{\text{ПР}}$  – приведений момент, Н·м;

$W$  – момент опору перерізу лопаті утримувача,  $\text{см}^3$ ,  $W=12,26 \text{ см}^3$ ;

$$M_{\text{ПР}} = \sqrt{M_{32}^2 + M_K^2}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.23)$$

де  $M_{32}$  – згинальний момент, Н·м;

$M_K$  – найбільший крутний момент на осі лопатетримача, Н · м;

Згинальний і крутний моменти визначаємо за формулами:

$$M_{32} = P \cdot F \cdot l_1 \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.24)$$

$$M_K = P \cdot F \cdot l_2 \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.25)$$

де  $P$  – питомий опір бетонної суміші руху лопаті,  $\text{Па}$ ,  $P = (3 \dots 6) \cdot 10^6 \text{ Па}$

$F$  – площа лопаті,  $\text{м}^2$ ,  $F = 0,0315 \text{ м}^2$ ;

$l_1, l_2$  – плечі сил, що створюють згинальний і крутний моменти відповідно;

$\alpha$  – кут нахилу лопаті до горизонтальної площини, град;

$\beta$  – кут нахилу лопаті до вертикальної площини, град

Згинальний момент буде дорівнює:

$$M_{32} = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,0315 \cdot 0,59 \cdot \cos 40^\circ \cdot \cos 30^\circ = 740 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Крутний момент буде дорівнювати:

$$M_K = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,0315 \cdot 0,61 \cdot \cos 40^\circ \cdot \cos 30^\circ = 765 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Тоді наведений момент буде дорівнювати:

$$M_{\text{ПР}} = \sqrt{740^2 + 765^2} = 1064 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

При заклинюванні лопаті відбувається динамічне навантаження лопатетримача і діючий динамічний момент буде визначатися за формулою:

$$M_D = M_{IP} \cdot k_D, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.26)$$

де  $k_D$  – коефіцієнт динамічності,  $k_D = 1,5$ ;

$$M_D = 1064 \cdot 1,5 = 1596 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тоді напруга в небезпечному перерізі лопатетримача буде визначатися за формулою:

$$\sigma = \frac{M_D}{W}, \text{ МПа}, \quad (3.27)$$

$$\sigma = \frac{1596}{12,26} = 130,18 \text{ МПа} < [\sigma] = 210 \text{ МПа}.$$

### 3.5.2 Розрахунок осі механічного вібробуджувача

На вісь діє згинальний момент створюваний силою стиснення сільфона. Розрахункова схема і епюри згинального моменту представлена на рисунку 3.4.

Напруга в небезпечному перерізі осі визначаємо за формулою [14]:

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W} = \frac{32 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot d^3}, \text{ МПа}, \quad (3.28)$$

де  $M_{зг}$  – згинальний момент, Н·м;



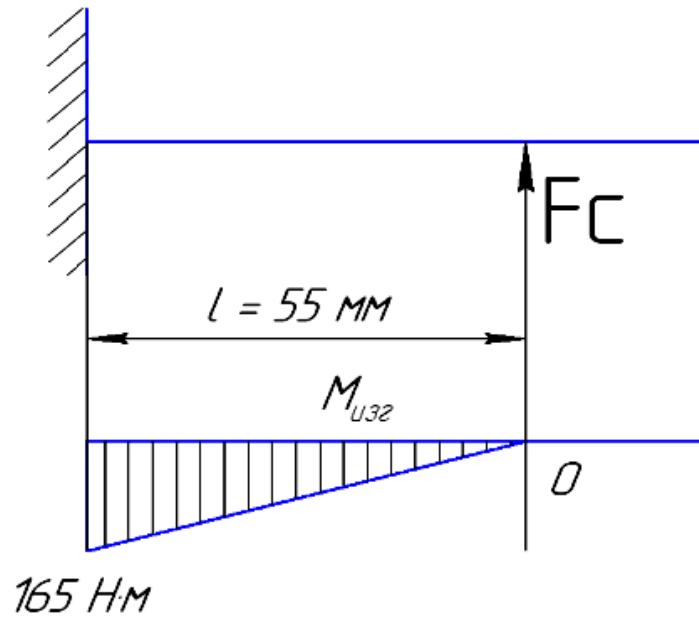


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема і епюри згинального моменту

$W$  – момент опору перерізу,  $\text{см}^3$ ;

$F$  – сила стискування сільфону,  $\text{H}$ ;

$l$  – плече сили,  $\text{м}$ ,  $l = 0,055 \text{ м}$ ;

$d$  – діаметр перерізу,  $\text{м}$ ,  $d = 0,022 \text{ м}$ ;

Напруга в небезпечному перерізі дорівнюватиме:

$$\sigma = \frac{32 \cdot 3480 \cdot 0,055}{3,14 \cdot 0,022^3} = 183 \text{ МПа} < [\sigma] = 355 \text{ МПа}.$$

Умови міцності виконуються  $\sigma < [\sigma]$ .

### 3.5.3 Розрахунок осі кріплення шатуна до кришки сільфона

Розрахункова схема і епюри згинального моменту представлена на рисунку 3.5.

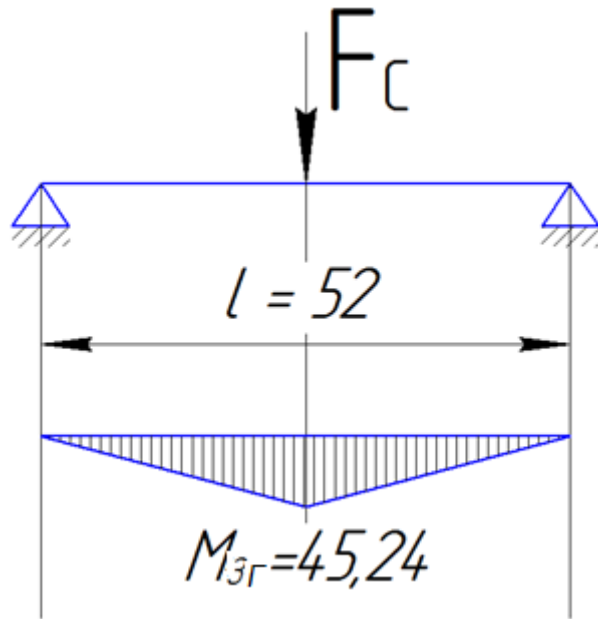


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема і епюри згинального моменту

Знаходимо згинальний момент за формулою [15, 16]:

$$M_{3z} = \frac{F_c \cdot l}{2}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.29)$$

де  $F_c$  – сила стискування сильфона, Н;

$$M_{3z} = \frac{3480 \cdot 0,026}{2} = 45,24 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Напряга визначаємо за формулою (3.30):

$$\sigma = \frac{M_{3z}}{W} = \frac{32 \cdot 45,24}{\pi \cdot 36^3} = 9,88 \text{ МПа} < 210 \text{ МПа}$$

Умови міцності виконуються  $\sigma < [\sigma]$ .

### 3.5.4 Розрахунок шпонкових з'єднань

#### 3.5.4.1. Розрахунок шпоночно з'єднання двигуна з редуктором

Шпонка 3-18 x 11 x 50 ГОСТ 23360-78

Розрахункова схема шпоночно з'єднання представлена на рисунку 3.6.

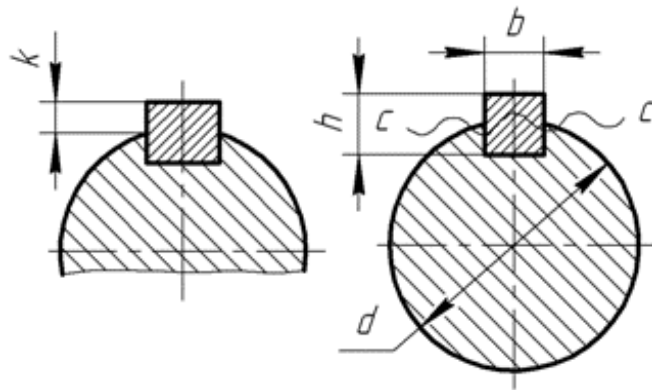


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема шпоночного з'єднання

Умова міцності на зминання [13 – 17]:

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l} \leq [\sigma_{3M}] \quad (3.31)$$

де  $T$  – найбільший крутний момент на валу,  $H \cdot м$ ;

$d$  – діаметр вала,  $мм$ ,  $d = 60 \text{ мм}$ ;

$h$  – висота шпонки,  $мм$ ;

$l$  – робоча довжина шпонки,  $мм$ ,  $l = 41 \text{ мм}$ ;

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot 286,5}{60 \cdot 11 \cdot 41} = 42,4 \text{ МПа} < [\sigma_{3M}] = 150 \text{ МПа}$$

Умови міцності виконуються  $\sigma_{3M} < [\sigma_{3M}]$ .

#### 3.5.4.2 Розрахунок шпоночно з'єднання мотор редуктора з диском

Шпонка 12 x 8 x 50 ГОСТ 23360-78

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot 206}{38 \cdot 8 \cdot 28} = 96,8 \text{ МПа} < [\sigma_{3M}] = 150 \text{ МПа}.$$

Умови міцності виконуються  $\sigma_{3M} < [\sigma_{3M}]$ .

### 3.5.4.3 Розрахунок шпоночного з'єднання лопатетримача з ротором

Розрахунок ведемо для лопаті, зануреної на найбільшу глибину в бетонну суміш. Шпонка 3-16 x 10 x 70 ГОСТ 23360-78

Умова міцності на зминання:

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot M_K}{d \cdot h \cdot l} \leq [\sigma_{3M}] \quad (3.32)$$

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot 574}{50 \cdot 10 \cdot 70} = 65,6 \text{ МПа} < [\sigma_{3M}] = 150 \text{ МПа}.$$

Умови міцності виконуються  $\sigma_{3M} < [\sigma_{3M}]$ .

**Висновок до розділу.** В даному розділі виконанні конструкторські розрахунки запропонованої конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, що необхідні для виконання складальних креслень змішувача. Виконанні розрахунки підтверджують достатню міцність та жорсткість складальних одиниць та деталей розробленого змішувача.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1. Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту.

Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи [1]

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60
Відносно	Робота має елементи новизни в постановці	10...40

нова	задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

За даними таблиці 4.1. ступінь новизни науково-дослідної роботи складає  $k_{нов} = 40$  балів.

Значення показників рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи [1]

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

За даними таблиці 4.2. ступінь новизни науково-дослідної роботи складає  $k_{теор} = 65$  балів.

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за виразом:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot k_{нов} + 0,4 \cdot k_{теор} , \quad (4.1)$$

де  $k_{нов}$ ,  $k_{теор}$  – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 40 + 0,4 \cdot 65 = 50$$

Отримані значення порівнюємо з граничними, які наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Встановивши рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи, який є середнім, можна сказати, що розробка та її впровадження є актуальним в теперішній час.

#### **4.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки**

Метою проведення комерційного та технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка інтенсифікує процес перемішування робочого середовища.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету кафедри галузевого машинобудування: к.т.н., проф. Обертюх Р.Р., к.т.н., доц. Слабкий А.В., к.т.н., доц. Бакалець Д.В.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 4.4 [1] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.



Таблиця 4.4 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів

Продовження табл. 4.4

Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні дорогі та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Таблиця 4.5 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 4.6 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 4.6 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Слабкий А.В	Обертюх Р.Р	Бакалець Д.В.
	Бали, виставлені експертами		
1	3	3	3
2	4	3	3
3	3	4	3
4	3	3	4
5	4	4	3
6	3	4	3
7	3	3	3
8	4	3	3
9	4	4	3
10	3	3	3
11	3	3	3
12	4	4	3
Сума балів	41	41	36
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{41 + 41 + 36}{3} = 39$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 41 бал, що згідно таблиці 4.5 вважається, що рівень комерційного потенціалу проведених досліджень є вище середнього.

Нова конструкція вібраційного змішувача з механічним генератором коливань з покращеними техніко-економічними показниками, яка розробляється в магістерській роботі є актуальною для будівельної та переробної галузі.

Виробництво змішувача нової конструкції забезпечить покращення соціального стану, адже надасть роботу для верстатників, слюсарів, інженерів, маркетологам і т.п. Використання нової конструкції зменшить енергозатрати на процес змішування на 20%.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом. В якості аналога для розробки було бетонозмішувач СКІФ БСМ-800. Основними недоліками аналога є відсутність вібронавантаження суміші. Також до недоліків можна віднести нижча продуктивність. У розробці дана проблема вирішується розробкою механічного генератора коливань з послідуною його вмонтуванням в змішувачі.

Підвищення інтенсивності та якості змішування є традиційним підходом, але розроблена конструкція забезпечує можливість створення двочастотних вібраційних полів, відповідних у сукупності за формою гофрованого контуру даного тіла обертання, дозволяє, з одного боку, реалізувати можливість створення по всьому об'єму камери змішувача на змішуваних компонентах бетонної суміші вібраційної дії, повністю виключає наявність у камері змішування «глухих» зон, а з іншого – виключити вібраційну дію на привід вібратора, максимально реалізувати захист підшипникових вузлів приводу вібратора від попадання в них дрібних частинок матеріалів, що перемішуються, а також реалізувати можливість повної передачі «корисного» вібраційного впливу на оброблюваний матеріал.

Також система випереджає аналог за такими параметрами як інтенсивність та якість перемішування, віброзахист вузлів установки від впливу шкідливих вібрацій

В таблиці 4.7 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 4.7 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Якість перемішування	85	100	1,25	15
Швидкість перемішування, хв	16	8	2	40
Потужність	5	4	1,25	20
Напрацювання на відмову, год	3000	3000	1	10
Масо-габарити, кг	0,2	0,15	1,3	15

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (4.2) та (4.3) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.7.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.3)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{100}{85} = 1,25;$$

$$q_2 = \frac{16}{8} = 2;$$

$$q_3 = \frac{5}{4} = 1,25;$$

$$q_4 = \frac{3000}{3000} = 1;$$

$$q_5 = \frac{0,2}{0,15} = 1,3.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.4)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,25 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,4 + 1,25 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,1 + 1,3 \cdot 0,15 = 1,5$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 4.8 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 4.8 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Якість перемішування	85	100
Швидкість перемішування, хв	16	8
Потужність	5	4
Напрацювання на відмову, год	3000	3000
Масо-габарити, кг	0,2	0,15
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн.	72599	65000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.5)$$

де  $I_{m.n.}$  – індекс технічних параметрів;  $I_{e.n.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.6)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.6)$$

де  $P_{Hei}$ ,  $P_{Bei}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.п.} = \frac{65000}{72599} = 0,9;$$

$$K = \frac{1,5}{0,9} = 1,7.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

### 4.3 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників  $Z_0$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} * t \text{ (грн)} \quad (4.7)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p \approx 21...23$  дні;

$t$  – число робочих днів роботи дослідника.

Для розробки конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка інтенсифікує процес перемішування робочого середовища необхідно залучити інженера з посадовим окладом 13000 грн. Кількість



робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів інженера складає 21. Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.9.

Таблиця 4.9 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	16000	727,3	5	3636
Інженер	13000	590,9	21	12409
Всього				16045

2. Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.8)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

$t_i$  – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.9)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих

об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

$T_p$  – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 21...23$  дні;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.10 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1.Підготовчі	2	2	1,1	41,9	83,8
2.Монтажні	3	3	1,35	51,4	154,2
3.Складальні	1	4	1,5	57,1	57,1
4.Налагоджувальні	2	4	1,5	57,1	114,2
Всього					409,2

### 3. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_d = (Z_o + Z_p) * \frac{N_{дод}}{100\%} \quad (4.10)$$

$$Z_d = 0,11 * (16045 + 409,2) = 1810,02 \text{ (грн)}$$

4. Нарахування на заробітну плату  $H_{ЗП}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.11):

$$H_{ЗП} = (З_о + З_р + З_д) * \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (4.11)$$

де  $З_о$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$З_д$  – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$З_р$  – основну заробітну плату робітників, грн.;

$\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{ЗП} = (16045 + 409,2 + 1810,02) * \frac{22}{100} = 4018,23 \text{ (грн)}$$

#### 5. Сировина та матеріали.

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій організації, чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

Витрати на матеріали ( $M$ ) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_j \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{i=1}^n B_j \cdot Ц_{Bj}, \quad (4.12)$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$n$  – кількість видів матеріалів;

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, грн/кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, ( $K_j = 1,1 \dots 1,15$ );

$V_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{vj}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведені в таблицю 4.11.

Таблиця 4.11 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Сталь 45	45,4	50	2270
Сталь 3	45,6	120	5472
Метизи	600	1	600
Всього			8342
З врахуванням коефіцієнта транспортування			9176,2

6. Витрати комплектуючі  $K$ , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (4.13)$$

де  $H_i$  – кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;

$C_i$  – покупна ціна комплектуючих  $i$ -го найменування, грн.;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат ( $1,1 \dots 1,15$ ).

Таблиця 4.12 – Комплектуючі, щовикористані на розробку

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраче- ного матеріалу, грн.
Двигун АИР100L4У2 4 кВт	8000,00	1	8000
Пневмоциліндр з розподі- льником	2090,00	1	2090
Пульт керування ПКТ-61	408	1	408
Дріт ШВВП 3*2,5	348	4	1392
Витратні матеріали (мас- тило)	40	1	40
підшипники	1250	6	7500
З врахуванням коефіцієнта транспортування			21373,00

7. Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використувувались під час виконання даного етапу роботи

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{кор} \cdot 12} \text{ [грн]}, \quad (4.14)$$

де Ц – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{кор}$  – час користування;

T – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункту 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн. В нашому випадку для написання магістерської роботи використовувався персональний комп'ютер вартістю 20000 грн.

$$A = \frac{20000 \cdot 1}{2 \cdot 12} = 833,33$$

8. Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховують за формулою:

$$V_{\text{прг}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{іпрг}} \cdot C_{\text{прг.і}} \cdot K_i, \quad (4.15)$$

де  $C_{\text{іпрг}}$  – ціна придбання одиниці програмного засобу цього виду, грн;

$C_{\text{прг.і}}$  – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ );

$k$  – кількість найменувань програмних засобів.

$$V_{\text{прг}} = 2000 \cdot 1 \cdot 1,1 = 2200.$$

9. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$V_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yt} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{впі}}}{\eta_i} \quad (4.16)$$

де  $W_{yt}$  – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{\text{впі}}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{\text{впі}} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i < 1$ .

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$V_e = \frac{0,5 \cdot 150 \cdot 4,1 \cdot 0,5}{0,8} = 192,19$$

10. Службові відрядження.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{CB} = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{CB}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де  $H_{CB}$  – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$V_{CB} = 0,2 * (16045 + 409,2) = 3290,94$$

12. Накладні (загальновиробничі) витрати  $V_{HЗВ}$  охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати  $V_{HЗВ}$  можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$V_{HЗВ} = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{HЗВ}}{100\%}, \quad (4.18)$$

де  $H_{HЗВ}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$V_{HЗВ} = (16045 + 409,2) * \frac{200}{100\%} = 32909,9 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$V = 16045 + 409,2 + 1810,02 + 4018,23 + 9176,2 + 21373 + 833,33 + 2200 + 192,19 + 3290,94 + 32909,9 = 92057,97 \text{ грн}$$

Прогнозування загальних витрат  $ЗВ$  на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{V}{\eta}, \quad (4.19)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт  $\beta = 0,5$ .

Звідси:

$$ЗВ = \frac{92057,97}{0,5} = 184115,91 \text{ грн.}$$

#### **4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки**

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$ , для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.20)$$

де  $\Delta\Pi_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

$\Pi_o$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ .

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту.  $\rho = 0,25$ ;



$x$  – ставка податку на прибуток. У 2022 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість програмного продукту для формування індивідуальних тренувань. Припустимо, що ціна від зросте на 2000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 200 шт., протягом другого року – на 500 шт., протягом третього року на 600 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 65000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\begin{aligned}\Delta\P_1 &= [2000 \cdot 1 + (65000 + 2000) \cdot 200] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 2289416,8 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\P_2 &= [2000 \cdot 1 + (65000 + 2000) \cdot (200 + 500)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 8013762,9 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\P_3 &= [2000 \cdot 1 + (65000 + 2000) \cdot (200 + 500 + 600)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \\ &\cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 14880988 \text{ грн.}\end{aligned}$$

#### **4.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності**

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо величину початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (4.21)$$

$k_{\text{інв}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ( $k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$ ).

$$PV = 3 \cdot 184115,91 = 552347,83$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{\text{абс}}$  згідно наступної формули:

$$E_{\text{абс}} = (ПП - PV) \quad (4.22)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.23)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн.;

$T$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

$t$  – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{2289416,8}{(1 + 0,2)^1} + \frac{8013762,9}{(1 + 0,2)^2} + \frac{14880988}{(1 + 0,2)^3} = 16124697,68 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{абс}} = (16124697,68 - 552347,83) = 15572349,85 \text{ грн.}$$

Оскільки  $E_{\text{абс}} > 0$  то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_e$ . Для цього користуються формулою:

$$E_e = T_{жс} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.24)$$

$T_{жс}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{15572349,85}{552347,83}} - 1 = 3,41 = 341\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.25)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні  $d = (0,14 \dots 0,2)$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05 \dots 0,1)$ .

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як  $E_e > \tau_{\min}$  то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e} \quad (4.26)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{3,41} = 0,3 \text{ роки}$$

Так як  $T_{ок} \leq 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

#### **4.6 Висновки до економічного розділу**

Було встановлено рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи, який є середнім, що свідчить про актуальність в теперішній час наукової розробки. Результати проведеного технологічного аудиту свідчать про те, що рівень комерційного потенціалу конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка інтенсифікує процес перемішування робочого середовища є вище середнього. При порівнянні нової розробки з аналогом виявлено, що вона є якіснішою і конкурентоспроможнішою відносно аналога, а також краще по технічним і економічним показникам.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 92057,97 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 184115,91 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 3 місяці при прогнозованому прибутку 16124697,68 грн. за три роки.

- 1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт .
  - 1.1 Вимоги безпеки до робочого місця.
  - 1.2. Електробезпека
2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії
  - 2.1. Мікроклімат
  - 2.2. Склад повітря робочої зони
  - 2.3. Виробниче освітлення
  - 2.4. Виробничий шум
  - 2.5. Електромагнітні випромінювання
  - 2.6 Психофізіологічні фактори

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Розробка вібраційного змішувача з механічним генератором коливань», під час дослідження можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори.

- рухомі частини виробничого обладнання,
- ріжучі інструменти,
- пристосування для закріплення оброблюваної деталі,
- оброблювана деталь,
- висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту,
- стружка, пил і шкідливі аерозолі оброблюваних матеріалів,
- підвищена напруга або статична електрика,
- шум та вібрація верстатів,
- недостатнє освітлення робочої зони,
- мастильно-охолоджуючі рідини,
- фізичні перевантаження,
- перенапруження зору,
- монотонність праці.

### **5.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт**

#### **5.1.1 Вимоги безпеки до робочого місця**

Щити, ширми, екрани, що загороджують зону обробки, повинні захищати робітника і людей, що знаходяться поблизу верстата, від відлітаючої стружки, мастильно-охолоджувальної і робочої рідин. Застосування огорожі обов'язково для токарних, фрезерних, свердлильних, розточувальних, стругальних, зубонарізних, шліфувальних верстатів. Огорожа не повинна об-

межувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, приводити при відкриванні до забруднення підлоги. При необхідності вони повинні мати рукоятки, скоби для зручності відкриття, закриття, зняття, переміщення та установки. Кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним, що виключає випадки самовідкриття. Пристрої, що підтримують огороження у відкритому стані, повинні надійно утримувати їх в цьому положенні. Поверхні верстатів, захисних пристроїв, органів управління, верстатних приладів і пристосувань не повинні мати гострих кромek і задирок, які можуть травмувати працюючого. Велике значення для запобігання нещасних випадків на виробництві має надійне закріплення на верстатах оброблюваних заготовок, патронів, планшайб, оправок, насадних головок, інструменту та інших знімних елементів. Для зручності роботи і безпеки праці ряд вимог пред'являється до органів управління верстатами; обладнання органів управління надійними фіксаторами, що виключають мимовільне їх переміщення і випадкове включення; оснащення їх відповідними блокуваннями, пояснюючими написами, символами та ін. Необхідно суворо дотримуватися правил носіння спецодягу. Для попередження небезпеки захоплення одягу і волосся працюючого обертовими механізмами верстата, рукава повинні щільно облягати руку і бути застебнутими на гудзики, волосся слід прибирати під берет, або косинку. Кінці косинки повинні бути ретельно заправлені.

### **5.1.2. Електробезпека**

Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або у поєднанні один з іншим наступні технічні способи та засоби: захисне заземлення, занулення.

Захисним заземленням називається навмисний електричний контакт із землею або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус та через інші причини. За-

вдання захисного заземлення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку доторкання до корпусу та інших струмоведучих металевих частин електроустановки, що опинилися під напругою. Захисне заземлення застосовують у трифазних мережах з ізольованою нейтраллю.

Принцип дії захисного заземлення – зменшення напруги між корпусом, що опинився під напругою, та землею до безпечного значення. У якості провідників заземлення дозволяється використовувати різні металеві конструкції: ферми, шахти ліфтів, підйомників, сталеві труби електропроводок, відкрито прокладені стаціонарні трубопроводи різного призначення (крім трубопроводів горючих та вибухонебезпечних газів, каналізації і центрального опалення).

Зануленням називається навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус та через інші причини. Завдання занулення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку контакту з корпусом та іншими неструмоведучими металевими частинами електроустановки, що опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус. Вирішується це завдання швидким вимкненням пошкодженої електроустановки із мережі. Принцип дії занулення – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазними та нульовими проводами) з метою викликати більший струм, здатний забезпечити спрацювання захисту і цим самим автоматично вимкнути пошкоджену установку із мережі живлення. Таким захистом можуть бути плавкі запобіжники, магнітні пускачі з тепловим захистом, контактори у поєднанні з тепловими реле, автомати, що здійснюють захист одночасно від струмів короткого замикання та від перевантаження.

Класифікація приміщень за категоріями електробезпеки залежно від мікроклімату виробничих будівель. Допустимими визнаються умови праці у будівлях, де відносна вологість повітря не перевищує 60%, температура повітря не перевищує 35 °С, а пил та хімічно агресивне середовище – відсутні. За



таких умов праці мікроклімат вважається сухим. Вологими називаються умови роботи, де відносна вологість повітря становить від 60% до 75%. Сирі – це такі умови, які характеризуються відносною вологістю повітря в будівлі більшою за 75%. Особливо сирі умови – це умови, із майже стовідсотковою відносною вологістю повітря. Гарячими умовами праці є становище, при якому температура повітря перевищує 35 °С. Запиленими визнаються умови, при яких виділяється велика кількість виробничого пилу, внаслідок чого він може залишатись на зовнішніх поверхнях або навіть проникати у середину обладнання чи апаратів. До умов праці з хімічно активним середовищем відносять умови, при яких у повітрі протягом тривалого часу залишаються гази або краплі рідин, які негативно впливають на ізолюючі властивості і струмопровідні елементи електричних інструментів.

Класифікація приміщень за рівнем електробезпеки Відповідно до ПУЕ, усі промислові приміщення (цехи, майстерні, склади) за ступенем ймовірності ураження електричним струмом можна розділити на три категорії: Будівлі з підвищеною небезпекою До цього типу будівель належать споруди, в яких наявний принаймні один із таких факторів: сирі приміщення, відносна вологість в яких протягом тривалого часу перевищує 75%; приміщення, в яких пил покриває провідники, забивається всередину машин та обладнання; приміщення зі струмопровідними підлогами (металевими, земляними, цегляними, залізобетонними); приміщення, в яких середня температура повітря зазвичай перевищує +30 °С; приміщення, в яких існує ймовірність одночасного торкання співробітника до зовнішніх елементів електричного устаткування і заземлених металевих конструкцій будівель, технологічного обладнання тощо.

Будівлі з особливо небезпечними умовами. Ці будівлі характеризуються як дуже сирі приміщення зі стовідсотковою відносною вологістю. Стеля, стіни, підлога та устаткування у таких приміщеннях постійно вкриті тонким шаром крапель чи пліснявою. Слід бути вкрай обережними, оскільки при виконанні робіт з використанням електричної напруги на відкритому повітрі,

всередині посудин, всередині непросохлих приміщень ймовірність ураження співробітників чи сторонніх осіб електричним струмом дуже висока. До будівель з особливо небезпечними умовами належать також споруди з хімічно активним середовищем, яке завдяки своїм властивостям завдає шкоду ізоляції та електричним матеріалам. Окрім того, будівлі, які мають одночасно дві або більше ознаки приміщень з підвищеною небезпекою так само належать до будівель із особливо небезпечними умовами.

Будівлі без факторів збільшеної небезпеки До цієї категорії належать будівлі, в яких немає жодної з ознак, властивих приміщенням з підвищеною або особливою небезпекою.

Для створення оптимальних умов електробезпеки в робочому приміщенні потрібно підтримувати режим вологості повітря на рівні 60%, для того щоб приміщення було сухим, та температуру повітря не вище 35°C. Виконати необхідні заходи у вигляді захисного занулення і заземлення.

## **5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії**

### **5.2.1 Мікроклімат**

Метеорологічні умови виробничих приміщень (санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042–99) можна оцінювати за сукупністю таких факторів, як температура ( $t$ , °C), відносна вологість ( $\phi$ , %), швидкість руху повітря ( $V$ , м/с) та величина інтенсивності теплового опромінення ( $E$ ,  $Вт/м^2$ ).

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі. Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності [22]. Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть

викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності [22].

Категорія робіт – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму [22]. Легкі фізичні роботи (категорія I) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105–140 Вт (90–120 ккал/год.) – категорія Ia та 141–175 Вт (121–150 ккал/год.) – категорія Ib. До категорії Ia належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Ib належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Визначаємо категорію робіт, як Ib. Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [24].

Допустимі параметри мікроклімату наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С Допустима		Відносна вологість	Швидкість руху, X
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	Ib	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

Для створення необхідних мікрокліматичних умов необхідно обладнати виробниче приміщення необхідним кліматичним приладдям. Вжити заходів з енергоефективності будівлі.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

При виконанні даного виду робіт існує небезпека виділення шкідливих речовин у повітря та надлишку пилу, тому потрібен контроль за складом повітря робочої зони та при збільшенні допустимих норм проводити заходи, щодо усунення надлишку шкідливих речовин.

Необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану; не нехтувати регулярним прибиранням робочого приміщення. Обов'язково проводити роботи в засобах індивідуального захисту.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [6] Система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.2:

Таблиця 5.2 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0	IV	б	середній	середній	200	500	4	1,5	2,4	0,9

При використанні штучного освітлення вчасно замінювати лампи та світильники, що вийшли з ладу, при використанні природного слідкувати за чистотою скла вікна.

#### **5.2.4 Виробничий шум**

Звук або шум виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах. Звуки, що передаються будівельними конструкціями, називаються структурними, а ті що поширюються у повітряному середовищі, прийнято називати повітряним шумом. Будь-який небажаний звук називають шумом. Шум шкідливий для здоров'я, зменшує працездатність, підвищує рівень небезпеки. Тому необхідно передбачати заходи захисту від шуму. А для цього потрібно володіти відповідними знаннями. Як правило, шум нас дратує: заважає працювати, відпочивати, думати. Але шум може впливати і позитивно. Такий вплив на людину чинить, наприклад, шелест листя дерев, помірний стукіт дощових крапель, рокіт морського прибою.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [8]. За цими нормами рівень шуму не може перевищувати 65 Дб.

Оскільки при виконанні робіт шум може перевищувати нормовані значення в 2 рази, пропонуються такі способи боротьби з шумом механічного походження та вібрацією: зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму, замінюючи ударні технологічні процеси безударними, застосовуючи деталі із матеріалів з високим коефіцієнтом внутрішнього тертя (пластмаса, гума, деревина та ін), підшипники ковзання замість кочення, косозубі та шевронні зубчасті передачі замість прямозубих, проводячи своєчасне обслуговування та ремонт елементів, що створюють шум та ін.; зменшення шуму та вібрації на шляхах їх розповсюдження заходами звуко- та віброізоляції, а також віброта звукопоглинання; зменшення шкідливої дії шуму та вібрації, застосовуючи

індивідуальні засоби захисту та запроваджуючи раціональні режими праці та відпочинку.

### **5.2.5 Електромагнітні випромінювання**

Електромагнітні поля мають потужний вплив на людський організм. Вони негативно впливають майже на усі системи організму. Тому треба створювати певні методи захисту від їх дії. Найпоширенішими з таких методів є такі:

- зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання.
- захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП).
- захист відстанню.
- екранування робочого місця чи джерела.
- раціональне планування робочого місця.
- застосування засобів попереджувальної сигналізації.
- застосування засобів особистого захисту.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні.

Слід сказати, що ще на етапі проектування взаємне розміщення об'єктів має бути забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною. Також треба заздалегідь попідкуватися про зменшення часу перебування персоналу у зоні опромінення. Потужність джерел випромінювання повинна бути найменшою з можливих.

### **5.2.6 Психофізіологічні фактори**

Психофізіологічні фактори небезпеки – чинники, обумовлені особливостями фізіології та психології людини, що можуть завдати їй шкоди за певних обставин.

Небезпечні та шкідливі психофізіологічні виробничі чинники залежно від характеру дії поділяють на такі групи:

- фізичні перевантаження (статичні, динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (розумові перевантаження, перевантаження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження)

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [20].

Оптимальні умови праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) – до 50%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Навантаження на голосовий апарат ( протягом тижня) – від 20 до 25%.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня – більше 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

## ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих типів змішувачів, найбільш поширених конструкцій та виконаний патентно-інформаційний огляд прогресивних конструкцій змішувачів, – дозволив встановити, що найбільш раціональними є роторні вібраційні змішувачі. Огляд літературних джерел показав, що доцільно будувати конструкцію змішувача на базі механічних генераторів коливань.

За результатами виконання МКР розроблена нова конструкція вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка забезпечує можливість створення по всьому об'єму камери змішувача на змішуваних компонентах бетонної суміші вібраційної дії, повністю виключає наявність у камері змішування «глухих» зон, а з іншого – виключити вібраційну дію на привід вібратора, максимально реалізувати захист підшипникових вузлів приводу вібратора від попадання в них дрібних частинок матеріалів, що переміщуються, а також реалізувати можливість повної передачі «корисного» вібраційного впливу на оброблюваний матеріал.

Конструкції механічного генератора коливань реалізовано таким чином, щоб забезпечує однорідний розподіл вібраційного поля в камері змішування, а це дозволяє реалізувати якісну інтенсифікацію процесу перемішування компонентів суміші при багаточастотному вібруванні, що полягає в одночасному впливі на бетонну суміш коливань двох і більше частот і дозволяє при накладенні один на одного кривих коливань збільшувати швидкість руху частинок суміші, що підвищує ефективність вібрації. Багаточастотне вібрування, виходячи з того, що кожній величині зерна відповідає власна частота коливань, може розглядатися як на найбільшу кількість зерен, тобто. інтенсивність багаточастотного вібрування вища, ніж інтенсивність кожного зі складових його коливань, що дозволяє скоротити цикл перемішування бетонних сумішей.



Проектно-перевірочні розрахунки підтвердили достатній запас міцності основних складальних одиниць розробленої конструкції.

Виконані економічні дослідження підтверджують перспективність розробки, та високу рентабельність на вітчизняному ринку.

В розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях запропоновані заходи з безпечної для працівника експлуатації та мінімізації шкідливих чинників в процесі експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. Київ, КНУБА, 1999. – 485с.
2. Хмара Л.А., Кравець С.В., Нікітін В.Г. та ін. Машини та обладнання промисловості виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. Атлас конструкцій. – Рівне, 2015.
3. Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. – Київ «Вища школа», 2004.
4. Сівко В. Й. Обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів і виробів: підручник / В. Й. Сівко, В. А. Поляченко. – Київ : ТОВ «АВЕГА», 2004. – 280 с.
5. Панченко В. О. Технологія і механізація будівельних процесів : навч. посібник / В. О. Панченко, М. Г. Костюк, А. О. Качура ; Харк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 242 с.
6. Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання: підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький та ін. – Київ : Українська академія наук; «МП Леся» , 2015. – 612 с.
7. Будівельні машини і обладнання. Практикум: навч. посібник / М.К. Сукач, С.Ю. Комоцька, М.М. Балака. – К.: КНУБА, 2016. – 120 с.
8. Будівельна техніка : підручник / за ред. В. О. Онищенко та С. Л. Литвиненка. – 2-ге вид., перероб. і доп. Гриф МОН. – Київ : КондорВидавництво, 2017. – 424 с.
9. Пат. 46416 U, Україна, В28С 5/14, ОДНОВАЛЬНИЙ ЛОПАТЕВИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ЗМІШУВАЧ / Маслов О.Г., Саленко Ю.С. (Україна) – № u 2009 05488 Заявл. 01.06.2009; – Опубл. 25.12.2009, Бюл. №24/2009, 25.12.2009р.
10. Пат. 494941 U, Україна, В01F 11/00, Вібраційний змішувач / Цуркан О.В., Павленко В.С., Кесарчук І.М., Мельник Н.М., Нечепоренко

С.А. (Україна) – № у 2009 12911 Заявл. 14.12.2009; – Опубл. 26.04.2010, Бюл. №8/2010, 26.04.2010р.

11. Пат. 61166 U, Україна, B01F 11/00, Вібраційний змішувач / Серета Л.П., Ярошенко Л.В. (Україна) – № у 2001 086037 Заявл. 31.08.2001; – Опубл. 17.11.2003, Бюл. №11/2003, 17.11.2003р.

12. Пат. 143109 U, Україна, B27L 11/00, Подрібнювач відходів деревини / Савісько В.Г. (Україна) – № у 2020 00747 Заявл. 07.02.2020; – Опубл. 10.07.2020, Бюл. №13/2020, 10.01.2020р.

13. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: – 3-е изд, Онснова, 1991. – 276 с.

14. Кузьмин А.В., Чернин И.М., Козинцев Б.С. Расчеты деталей машин.- 3-е изд.- Минск, Вышэйш. шк. 1986. – 400 с.

15. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 728 с., ил.

16. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 1985. 416с.

17. П.И. Орлов Основы конструирования. Справочно-методическое пособие . В двух книгах. Издание третье, исправленное. — Москва «Машиностроение», 1988. 554с.

18. Скуратовський А.К. Конструкції механічних муфт. Навчальний наочний посібник – Київ: НТУУ «КПІ», 2012.–66 с.

19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

20. НАКАЗ від 16.10.2013 № 749 Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1871-13#Text>

21. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)
24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
25. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14.\\_nakazy\\_ta\\_rozpor\\_183575/248+58074-detail.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html)

## ДОДАТОК А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Леонід ПОЛЩУК,

\_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На розробку конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором  
КОЛИВАНЬ

Розробив студент

Спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

Йолчієв Мурад Али Огли

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022

Керівник: к.т.н., доцент

Андрій СЛАБКИЙ

## **1 Найменування і область застосування**

Найменування – вібраційний змішувач з механічним генератором коливань

## **2 Підстава для виконання роботи**

Підставою для розробки даного дипломного проекту є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

## **3 Мета і призначення дослідження**

Мета розробка конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, яка інтенсифікує процес перемішування робочого середовища.

Призначення розробки – перемішування сумішей, зокрема бетонних.

## **4 Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки

4.1 Будівельна механіка металевих конструкцій дорожньо-будівельних, підйомних і транспортних машин : підручник / В.Д. Шевченко, В.Г. Піскунов, Ю.М. Федоренко та ін.; За ред. В.Г. Піскунова, В.Д. Шевченка. – К. : Вища шк.,2004. – 438 с. іл

4.2 Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. Київ, КНУБА, 1999.

4.3 Хмара Л.А., Кравець С.В., Нікітін В.Г. та ін. Машини та обладнання промисловості виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. Атлас конструкцій. – Рівне, 2015. – 485с.

4.4 Киркач Н., Баласанян Р. Расчет и проектирование деталей машин. Том 2. Киев: “Выща школа”, 1988-140с.

4.5 Будівельна техніка : підручник / за ред. В. О. Онищенко та С. Л. Литвиненка. – 2-ге вид., перероб. і доп. Гриф МОН. □ Київ : КондорВидавництво, 2017. – 424 с.

4.6 Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин / Л. А. Гоберман. – М.: Машиностроение, 1988. – 463 с.

### 5 Вихідні дані для розробки робочого органу:

1	Ємність для завантаження сухими складовими, л	1500
2	Орієнтовна тривалість перемішування, с	90
3	Частота обертання ротора, об/хв	25
4	Частота коливань, Гц	30
5	Маса, не більше, т	2

#### 5.1 Технічні вимоги

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажно-ї придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 2000кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань взаємозамінні;
- деталі, вузли вібраційного змішувача з механічним генератором коливань, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила, цементу;
- система керування – логістичний контролер чи механічна система.

#### 5.2 Вимоги до надійності:

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність верстатного комплексу в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації – конструкція вібраційного змішувача з механічним генератором коливань повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки вібраційного змішувача з механічним генератором коливань використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, і ремонті. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонті пристрою.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей слід вибирати відповідно до рекомендацій.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 1 год;

- вид обслуговування періодичний;

- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 2 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню



– можливість транспортування на будь – якому виді транспортних засобів

- захист від ударів під час завантаження і розвантаження
- зберігання на складі готової продукції
- зберігання у законсервованому вигляді
- складування на стелажах.

#### **6 Економічні показники:**

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – 0,5 роки,
- освоєння виробництва продукції,
- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

**7 Виконавці НДР:** студент спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Йолчієв Мурад Али Огли

#### **8 Етапи НДР і терміни їх виконання:**

- теоретичний аналіз конструкції змішувачів бетонних сумішей та розчинів;
- розробка нової конструкції вібраційного змішувача з механічним генератором коливань;
- проектні та перевірочні розрахунки елементів обладнання;
- техніко-економічне обґрунтування МКР;
- охорона праці;
- висновки.
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

#### **9 Порядок контролю і прийомки**

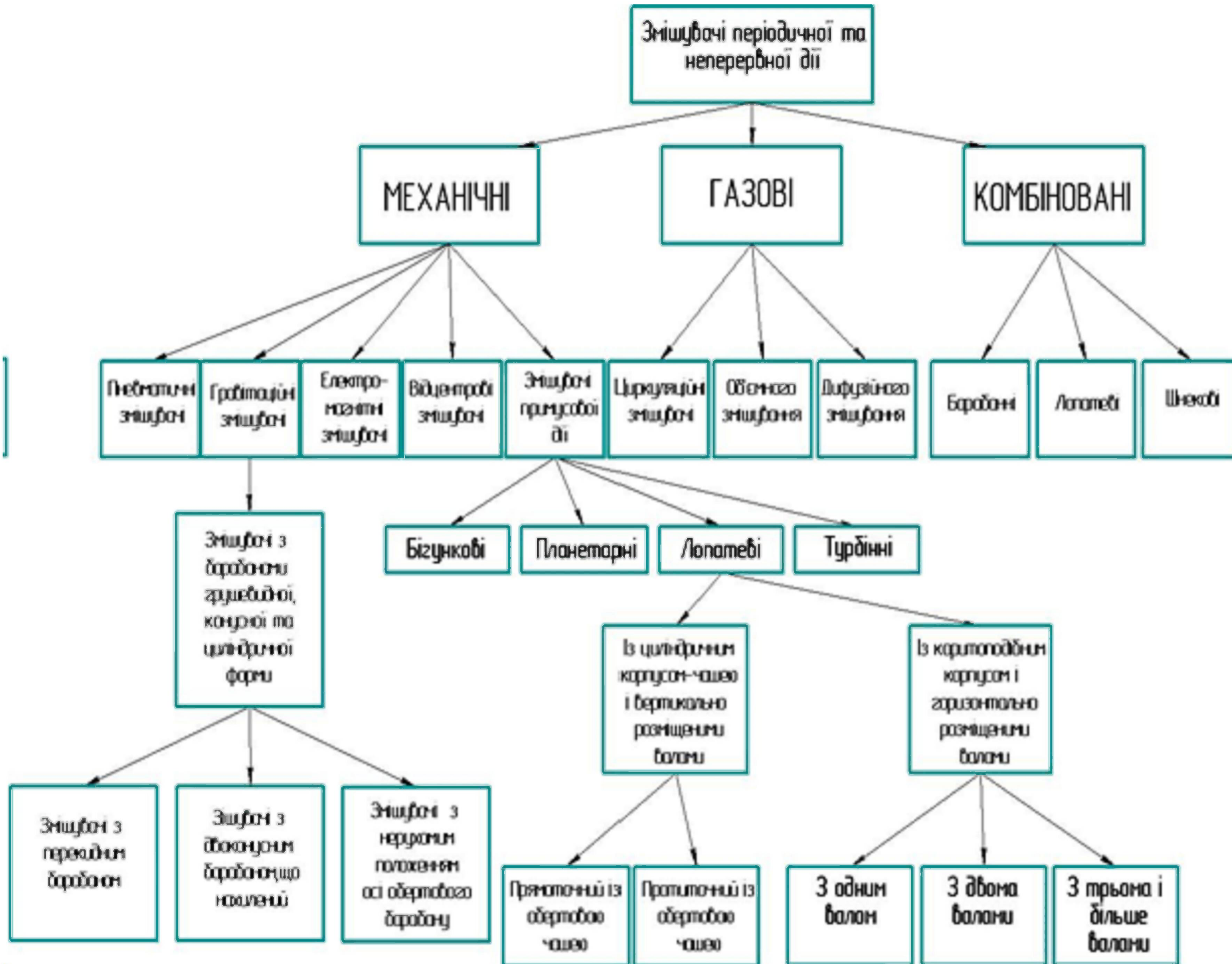
- попередній захист проекту
- захист проекту перед МКР

Додаток Б (обов'язковий)

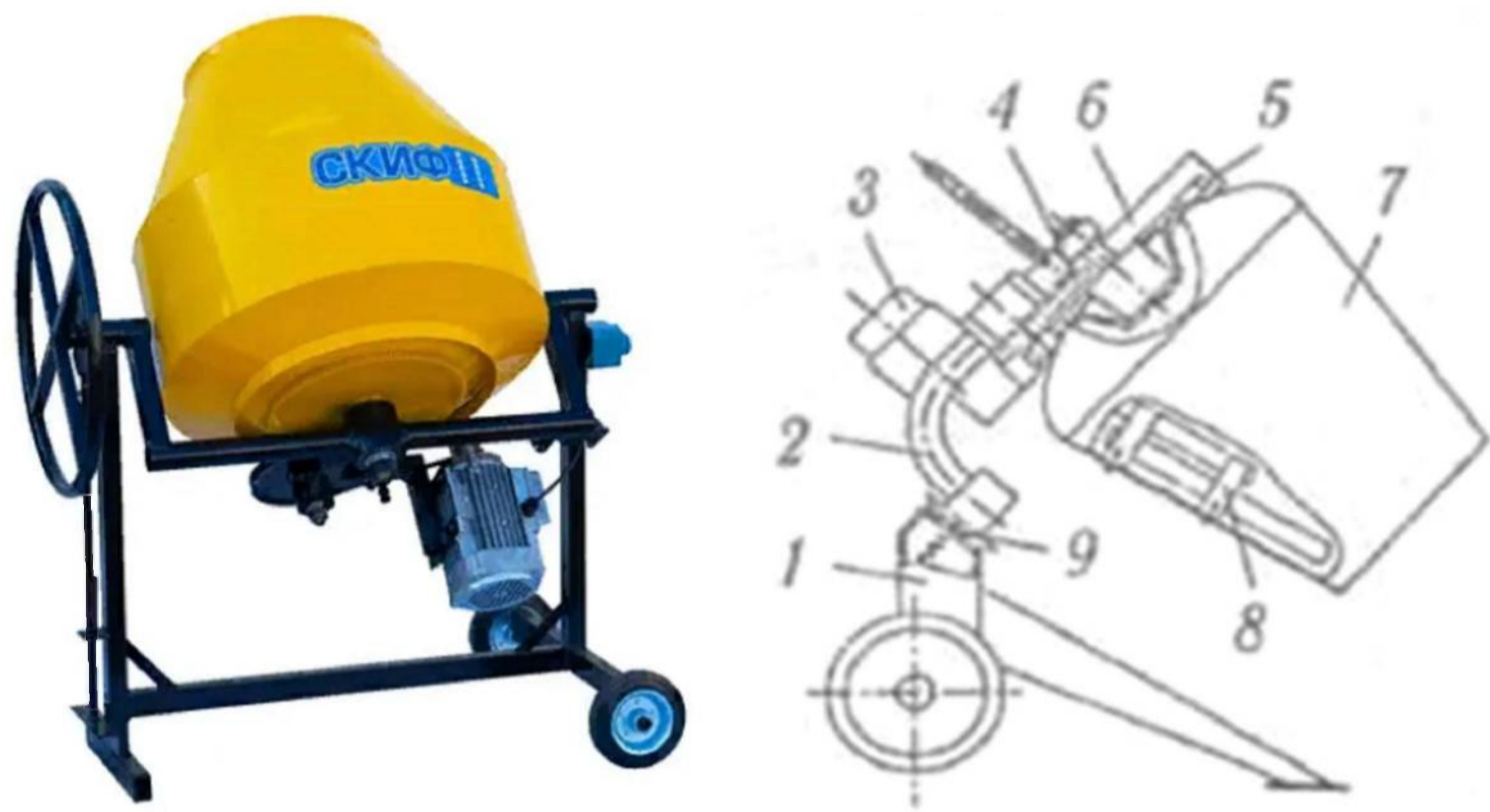
**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**РОЗРОБКА ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МЕХАНІЧНИМ  
ГЕНЕРАТОРОМ КОЛИВАНЬ**

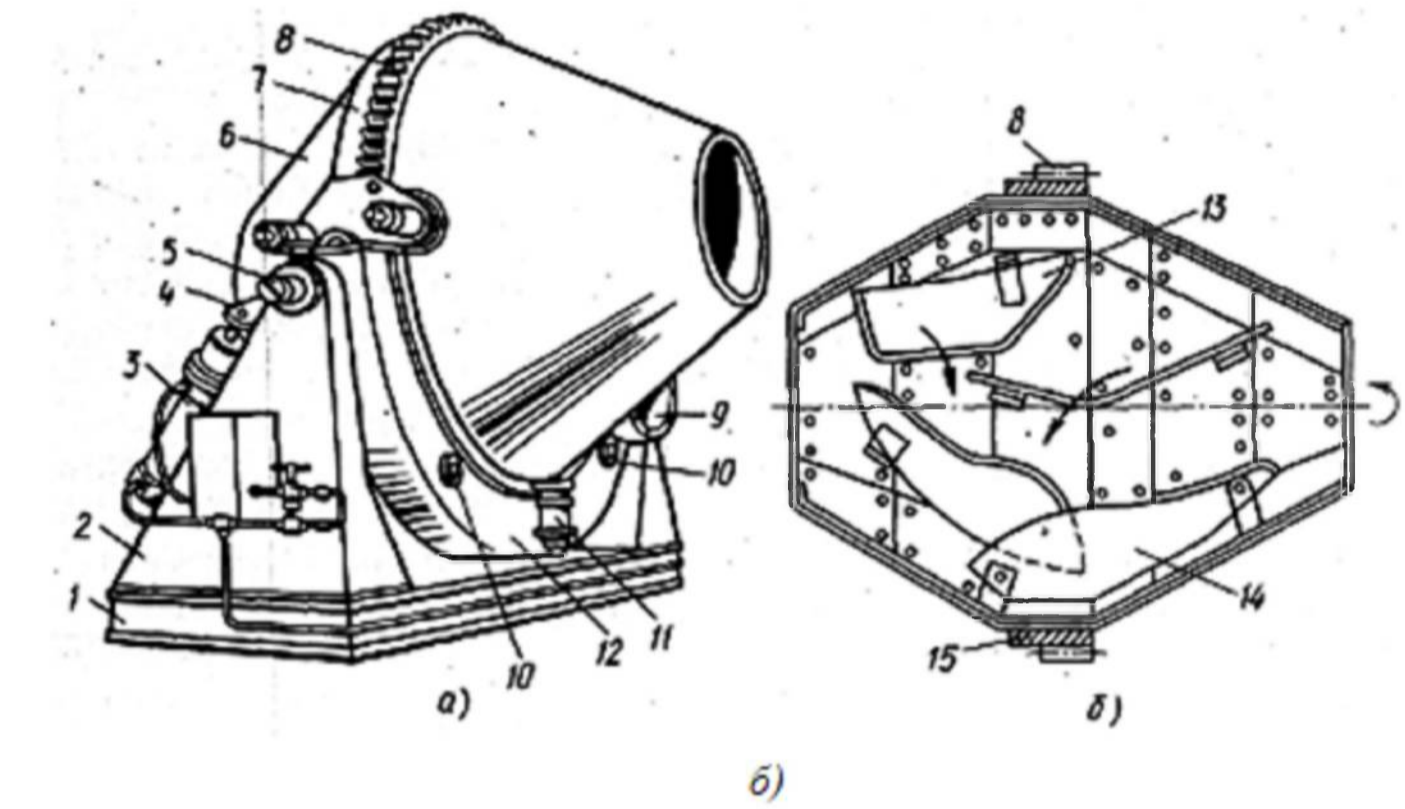
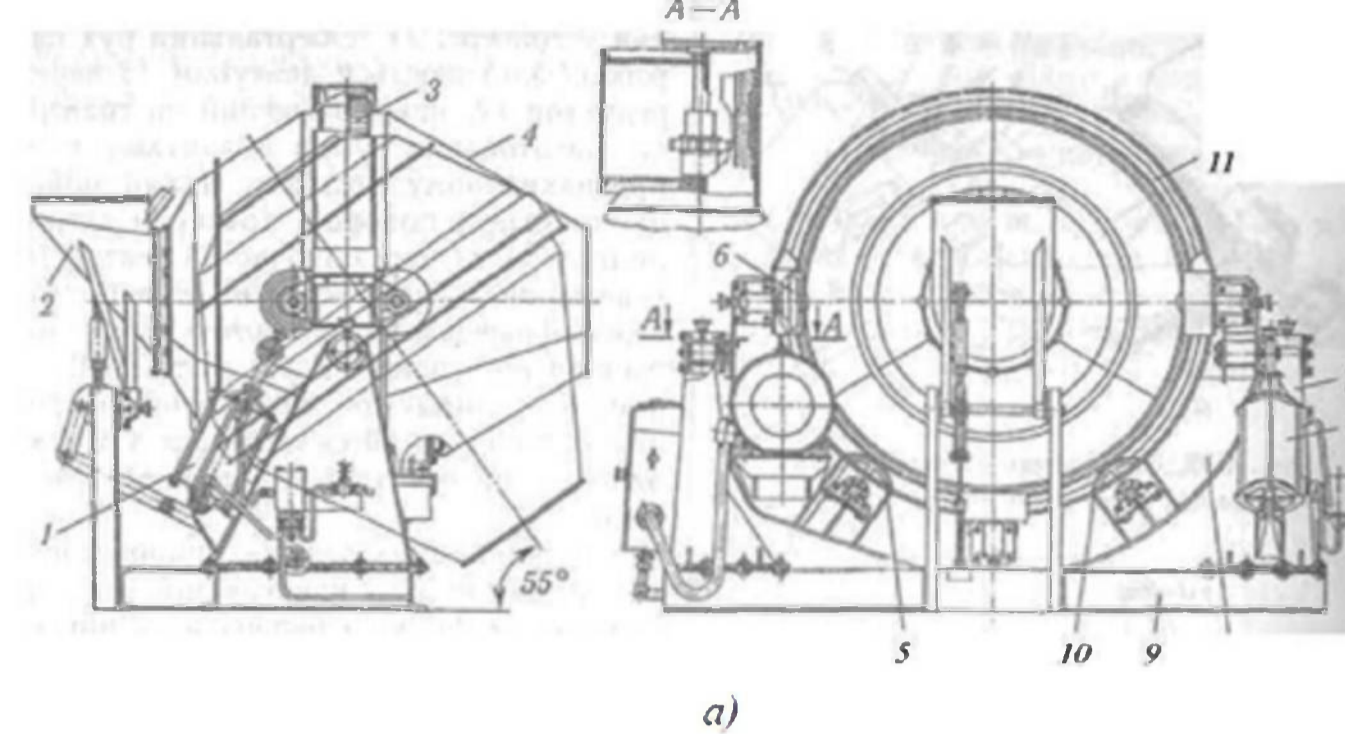
# Класифікація змішувачів



# Принципові та конструктивні схеми відомих змішувачів



а) загальний вигляд; б) – схема конструкції  
Рисунок 1 – Пересувний бетономішувач.



а) загальний вигляд, б) – схема пристрою змішувального барабана;  
1 – станина, 2 – стійка, 3 – пневмоциліндр, 4 – кронштейн; 5 – шпир траверси, 6 – барабан, 7, 15 – обід; 8 – зубчастий вінець; 9 – електродвигун; 10 – опорні ролики; 11 – упорний ролик; 12 – траверса; 13, 14 – лопаті

Рисунок 3 – Двухконусні гравітаційні бетономішувачі

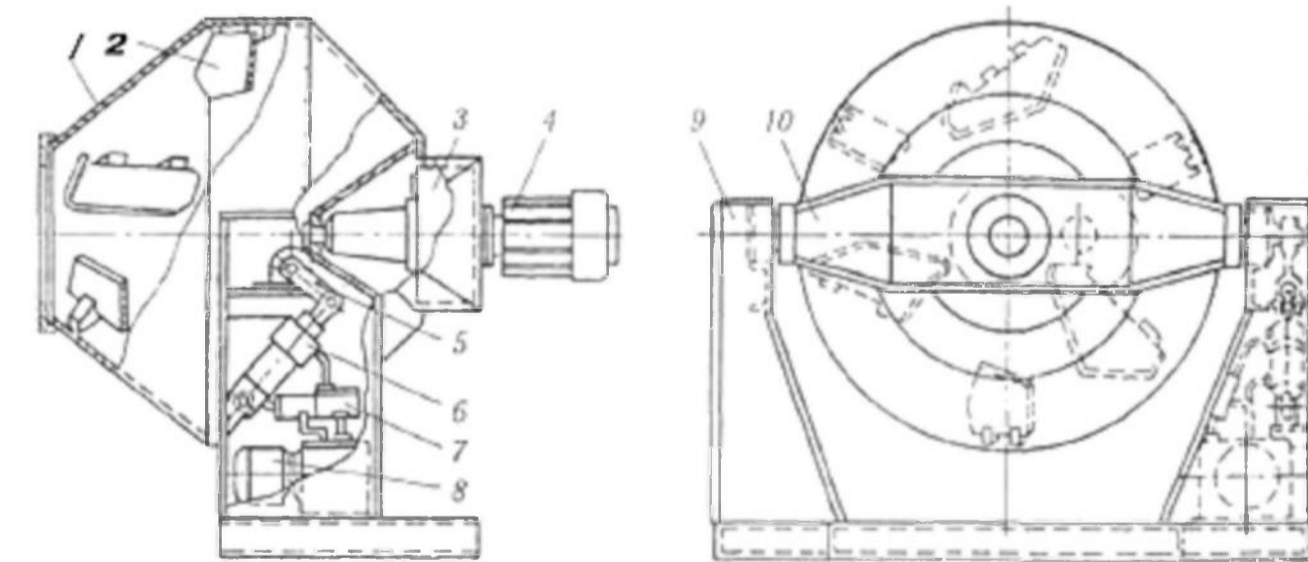


Рисунок 4 – Гравітаційний бетономішувач із центральним приводом

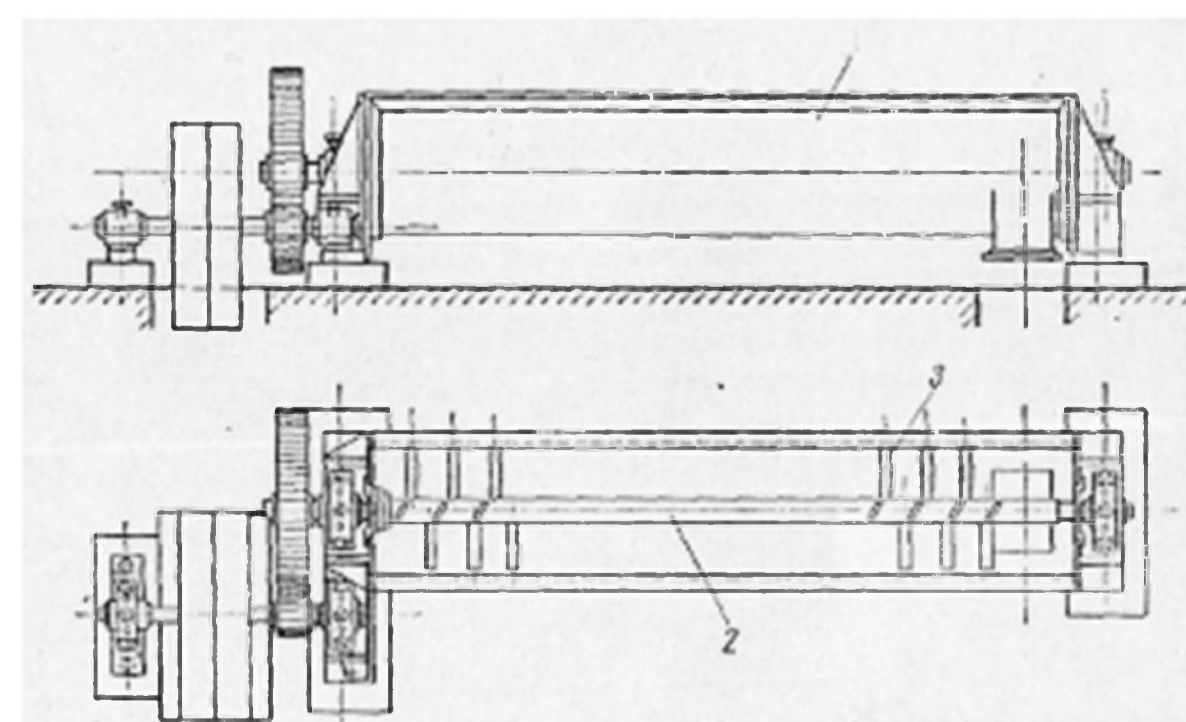
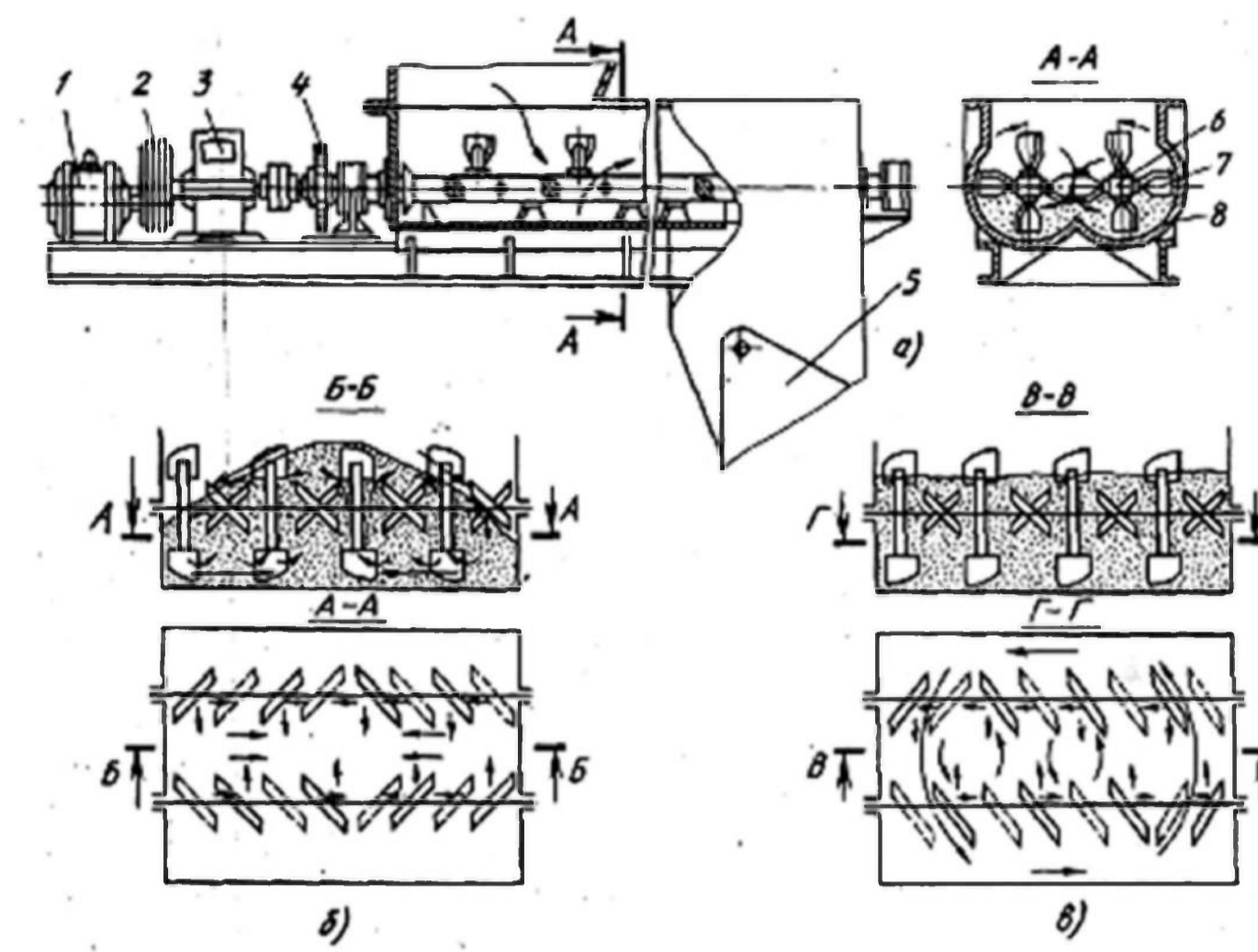


Рисунок 5 – Одновальний змішувач безперервної дії



а) – схема змішувача; 1 – двигун; 2 – клинопосова передача; 3 – редуктор; 4 – зубчаста передача; 5 – розвантажувальний затвор; 6 – лопатеві вали; 7 – лопать; 8 – корито змішувача.

Схема руху суміші в корпусі змішувача: б) – протиточна; в) – поточно-контурна

Рисунок 6 – Двохвальний змішувач з горизонтальними валами безперервної дії

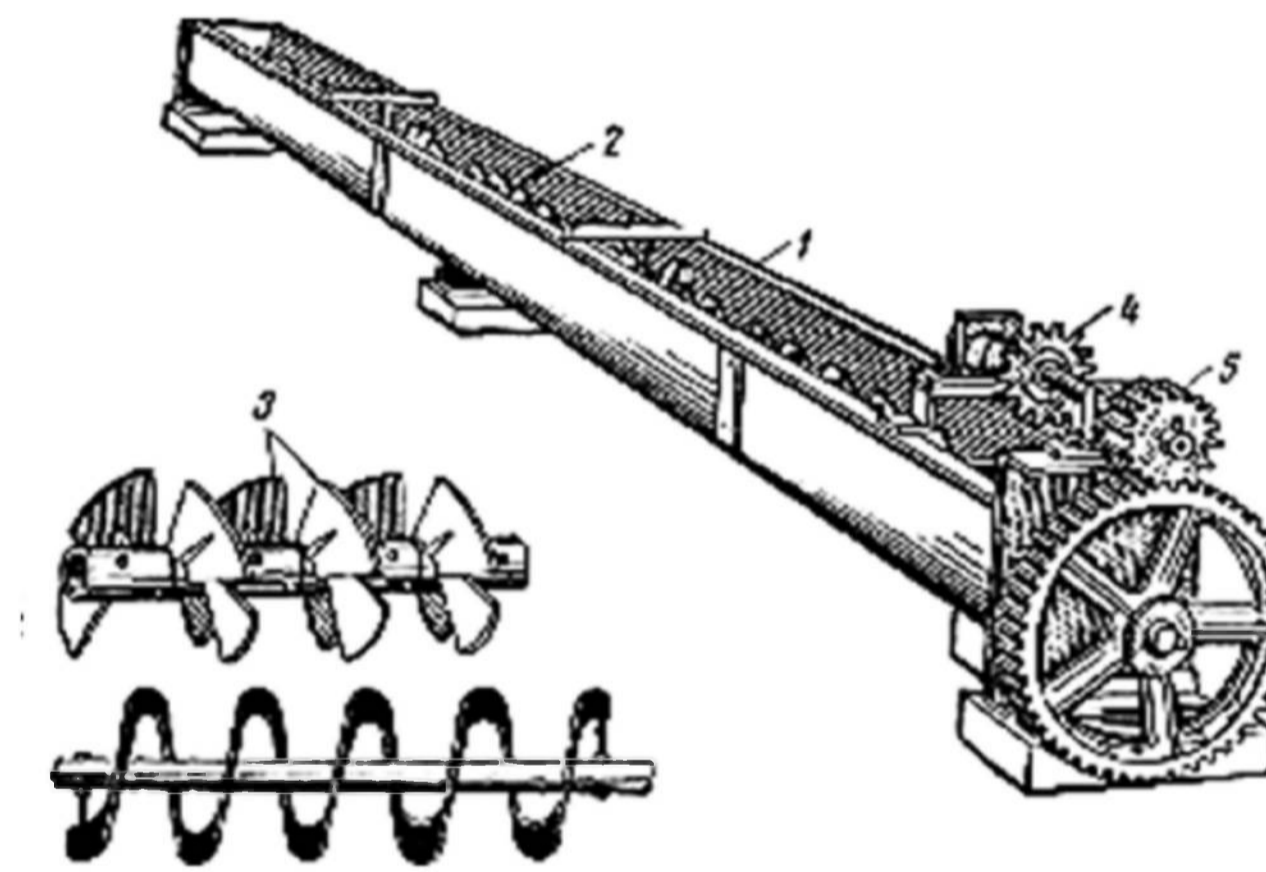


Рисунок 7 – Одновальний гвинтовий змішувач

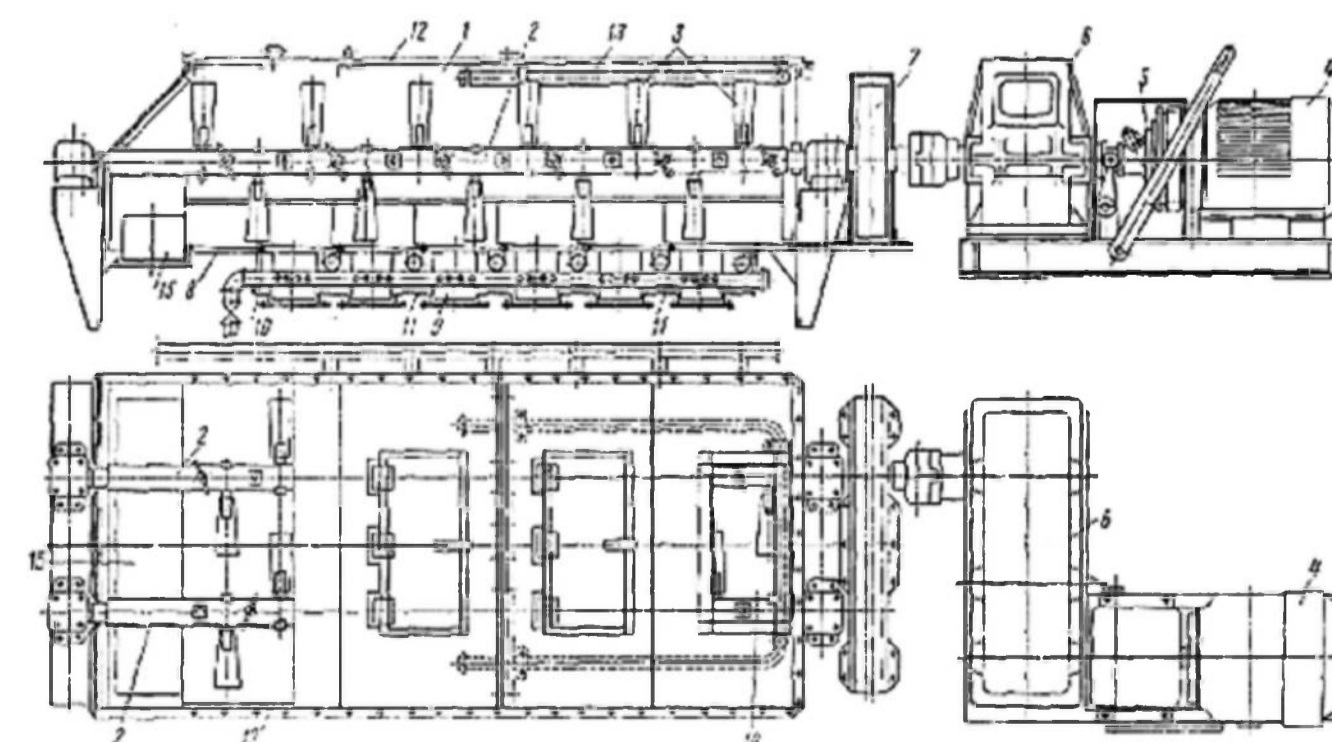


Рисунок 8 – Двохвальний змішувач безперервної дії

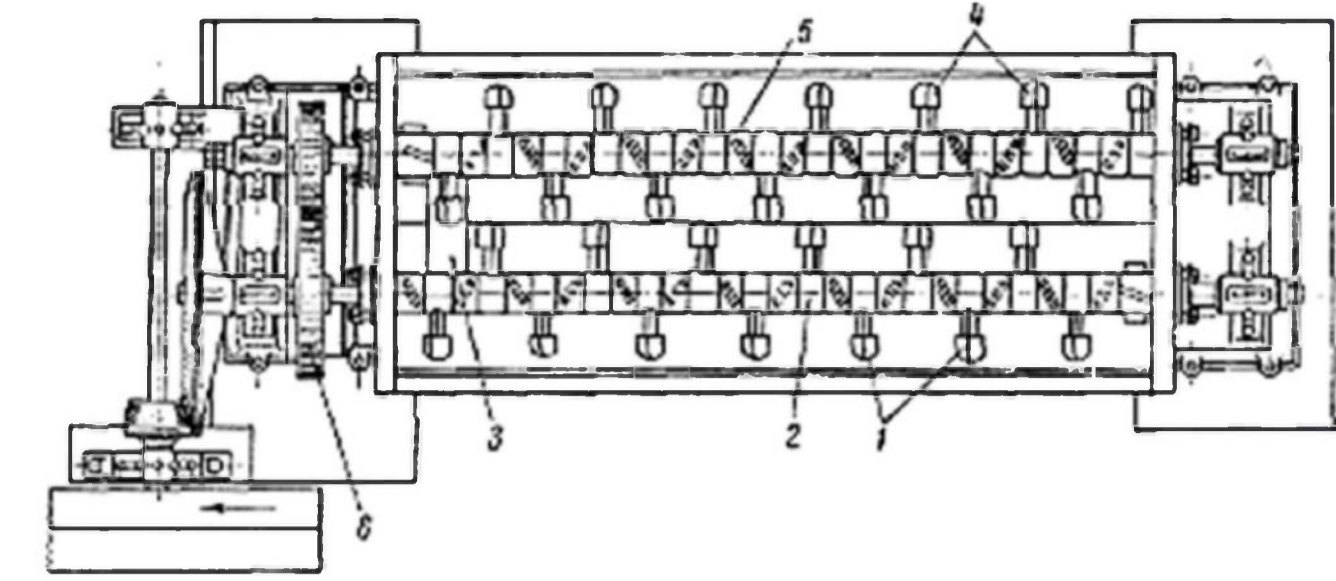
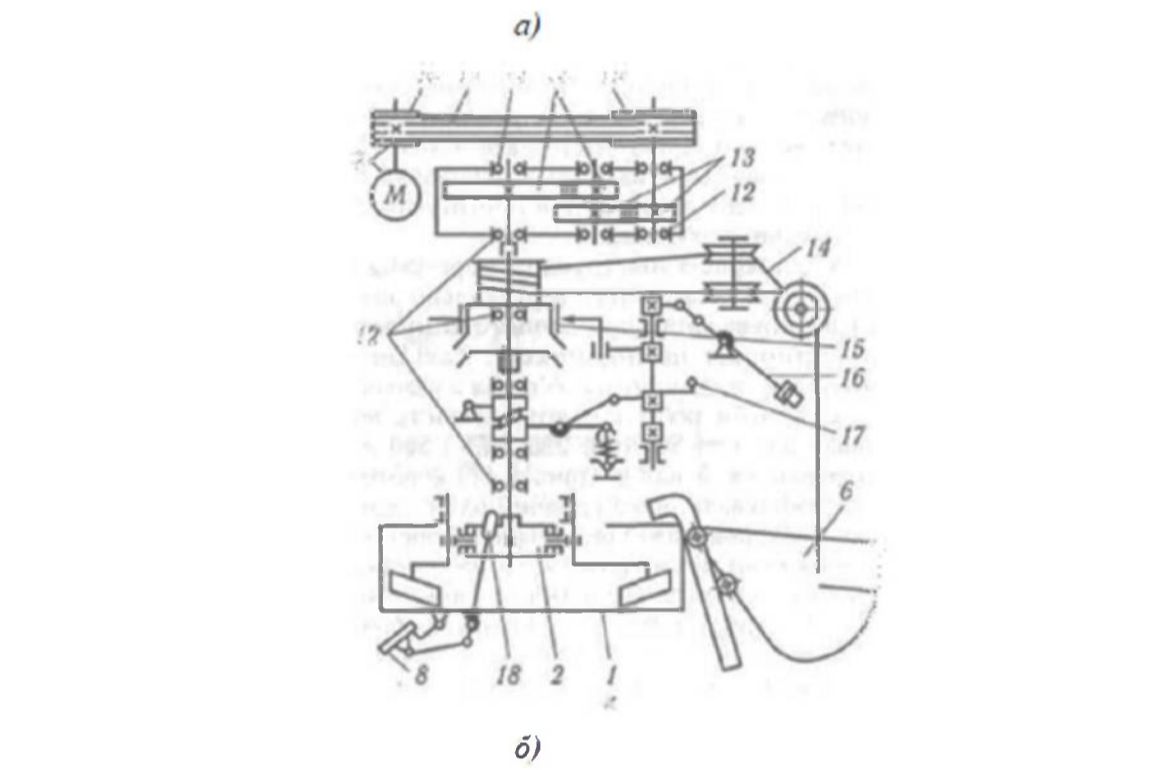
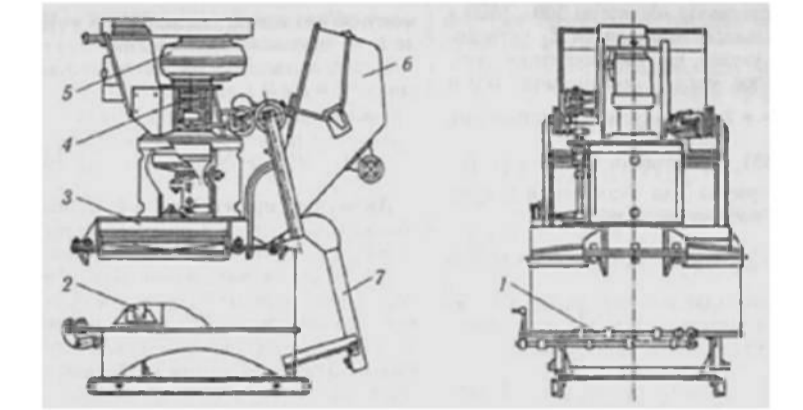


Рисунок 9 – Двохвальний протиточний змішувач безперервної дії



а) загальний вигляд; б) – принципна схема: 1 – корпус-чаша; 2 – змішувальний пристрій; 3 – рама; 4 – вал; 5 – привід; 6 – кіш; 7 – рама скіпового підійомника; 8 – затвор; 9 – двигун; 10 – шків; 11 – корпус; 12 – підшипники; 13 – зубчасті колеса; 14 – канат; 15 – гальмівний шків; 16 – відбійний вальць; 17 – рукоятка керування гальмом муфти скіпового підійомника; 18 – рукоятка керування затвором валом-ротором.

Рисунок 10 – Циклічний роторний змішувач зі скіповим підійомником.

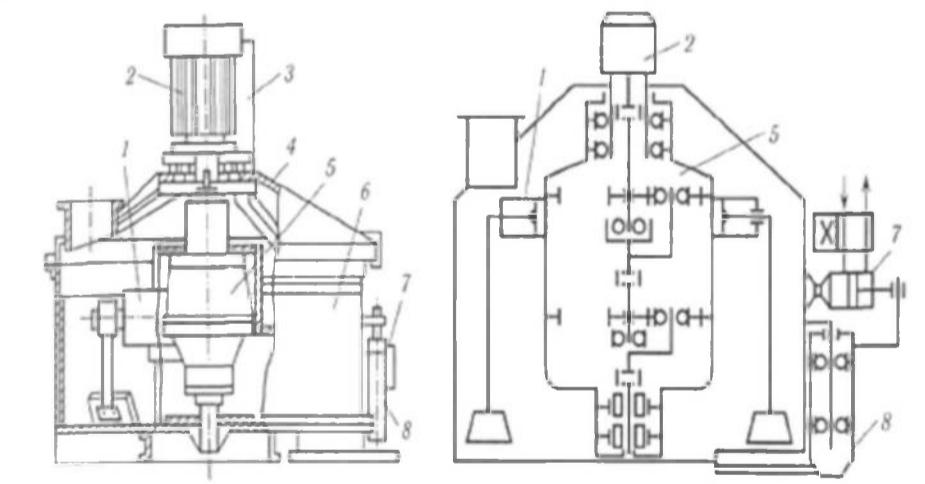
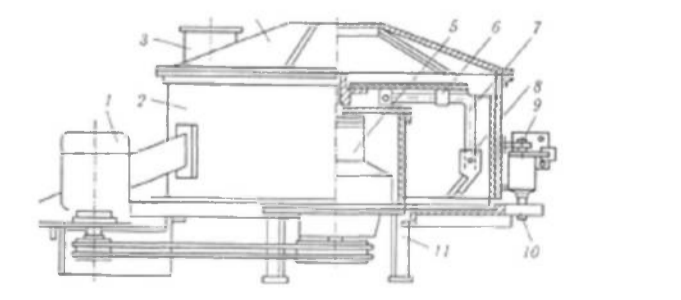


Рисунок 11 – Роторний змішувач із будованим планетарним редуктором



а) конструктивна схема; б) – пневмокінематична схема; 1 – привід; 2 – чаша; 3 – завантажувальний патрубок; 4 – кришка; 5 – редуктор; 6 – траверса; 7 – кронштейн; 8 – лопать; 9 – пневмоциліндр; 10 – заміння; 11 – стоїк; 12 – глушник шуму; 13 – повітророзподільник; 14 – вентиль

Рисунок 12 – Роторний змішувач із нижнім розміщенням приводу.

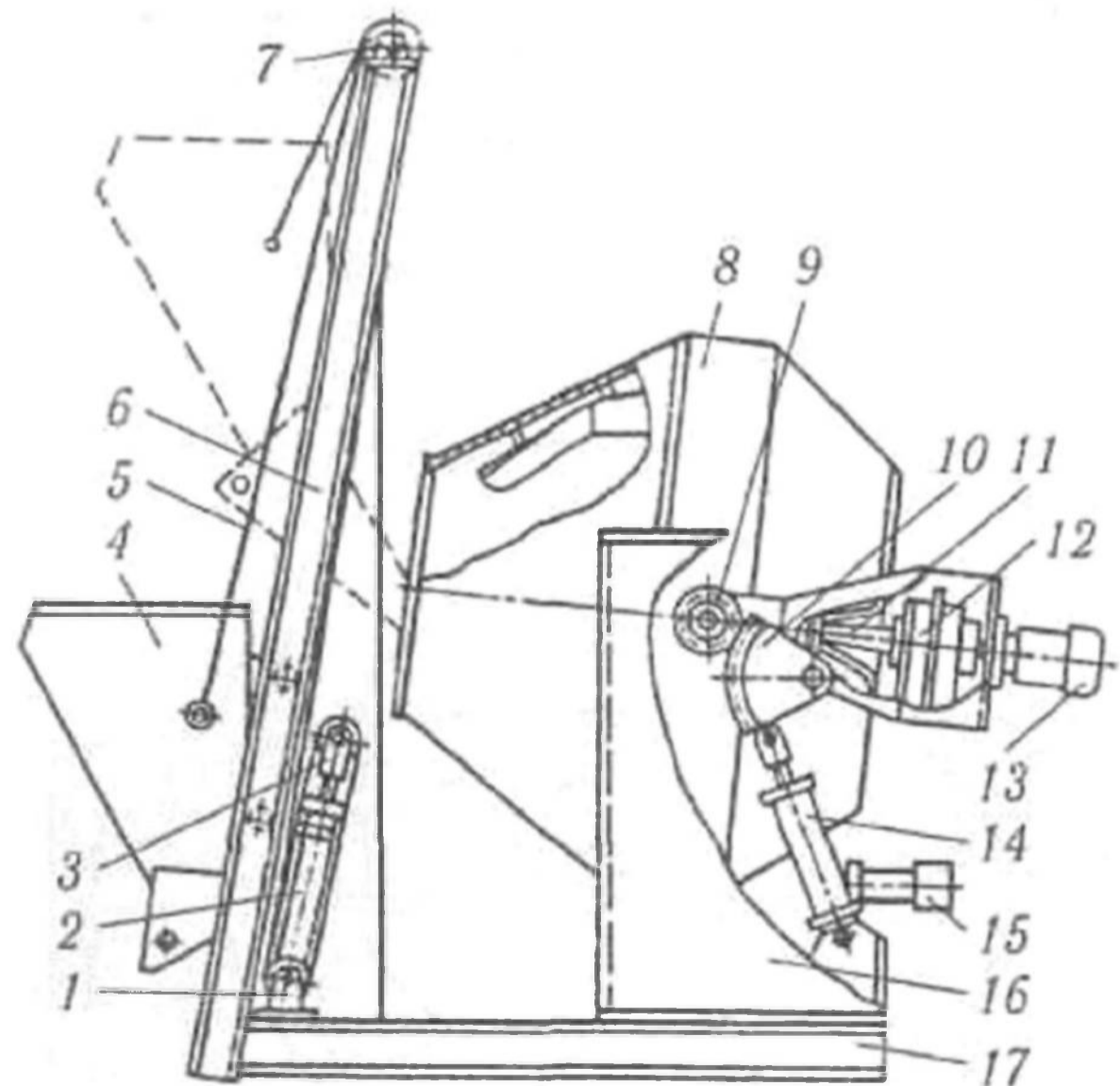


Рисунок 2 – Бетономішувач зі скіповим підійомником

# Патентно-інформаційний огляд

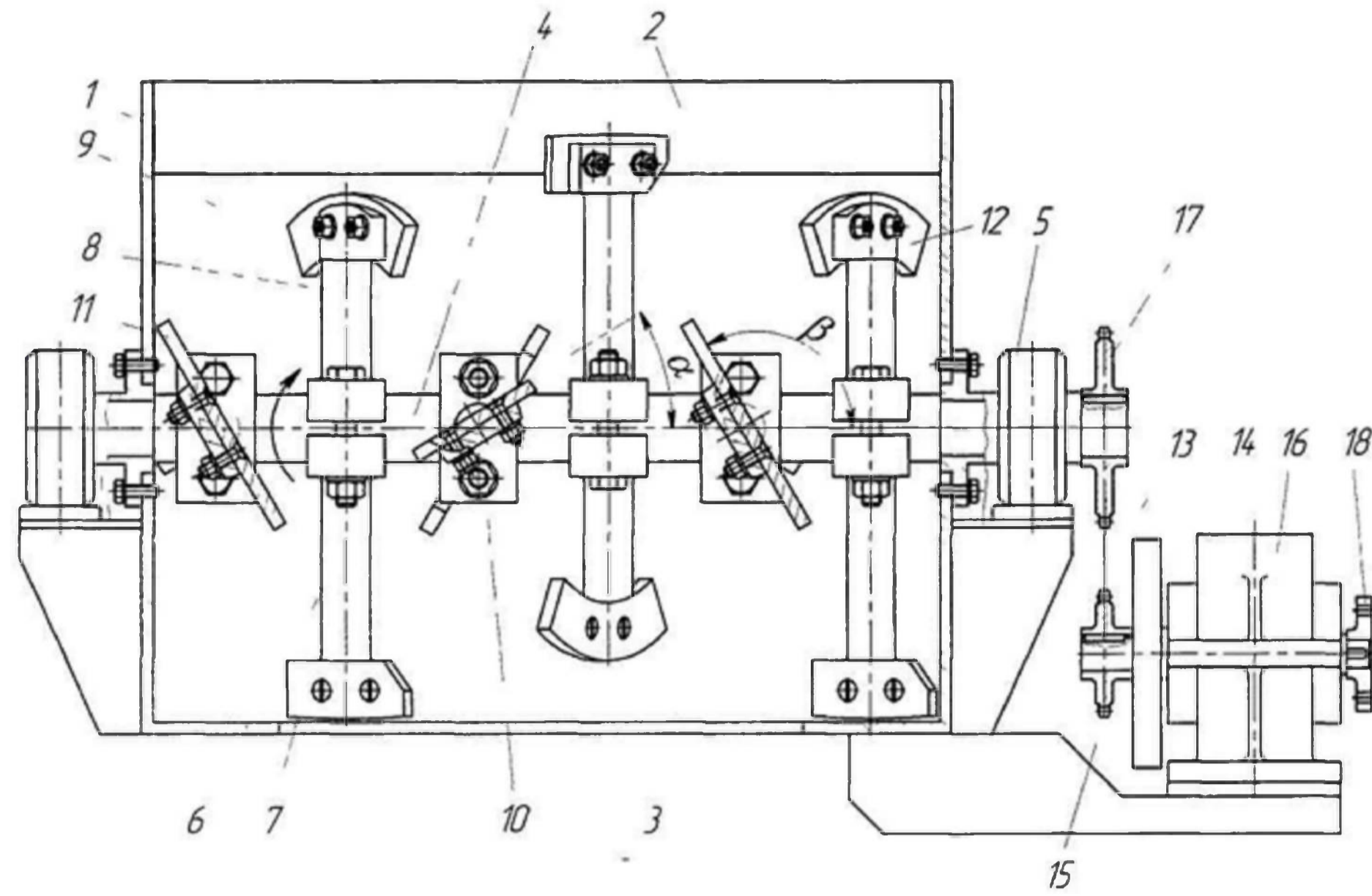


Рисунок 1 – Конструктивна схема одновального лопатевого вібраційного змішувача (патент України на корисну модель 46416)

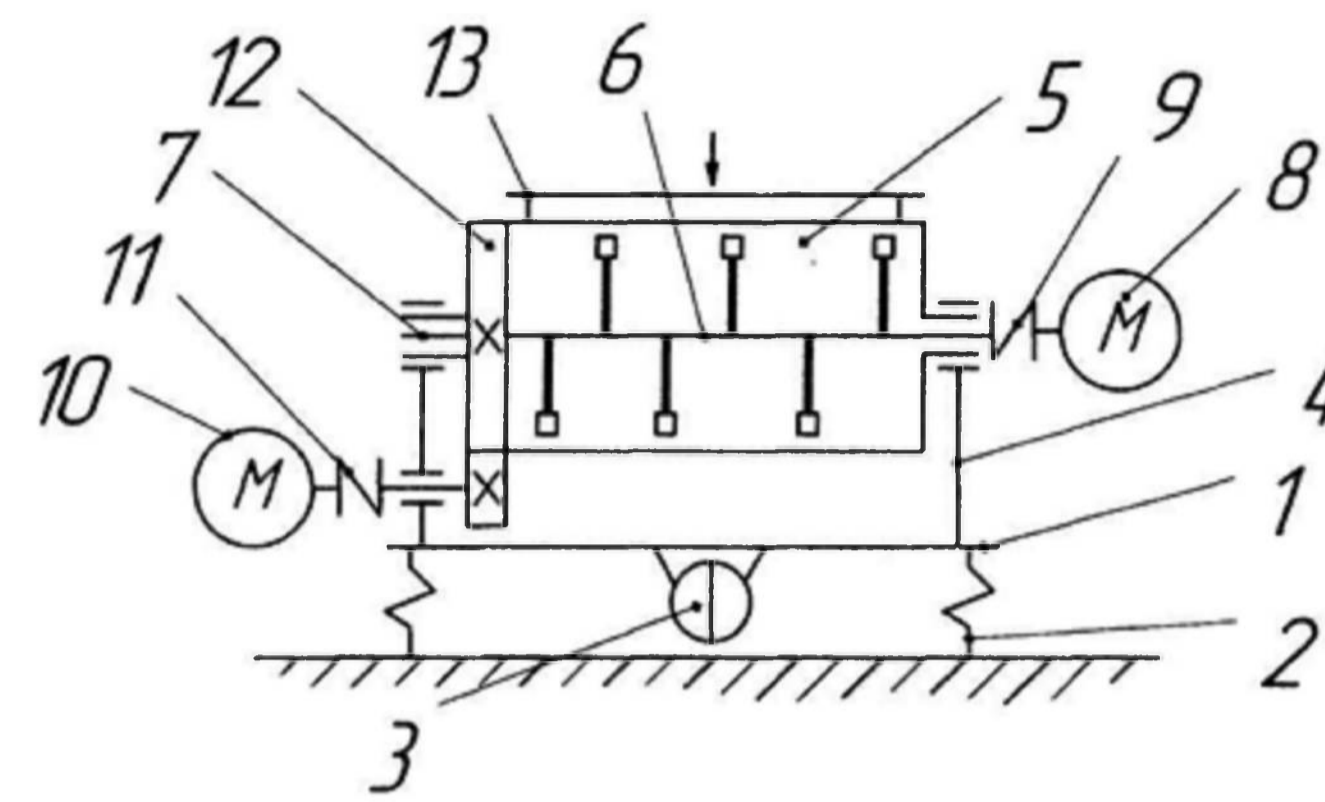


Рисунок 2 – Конструктивна схема вібраційного змішувача (патент України на корисну модель №49491)

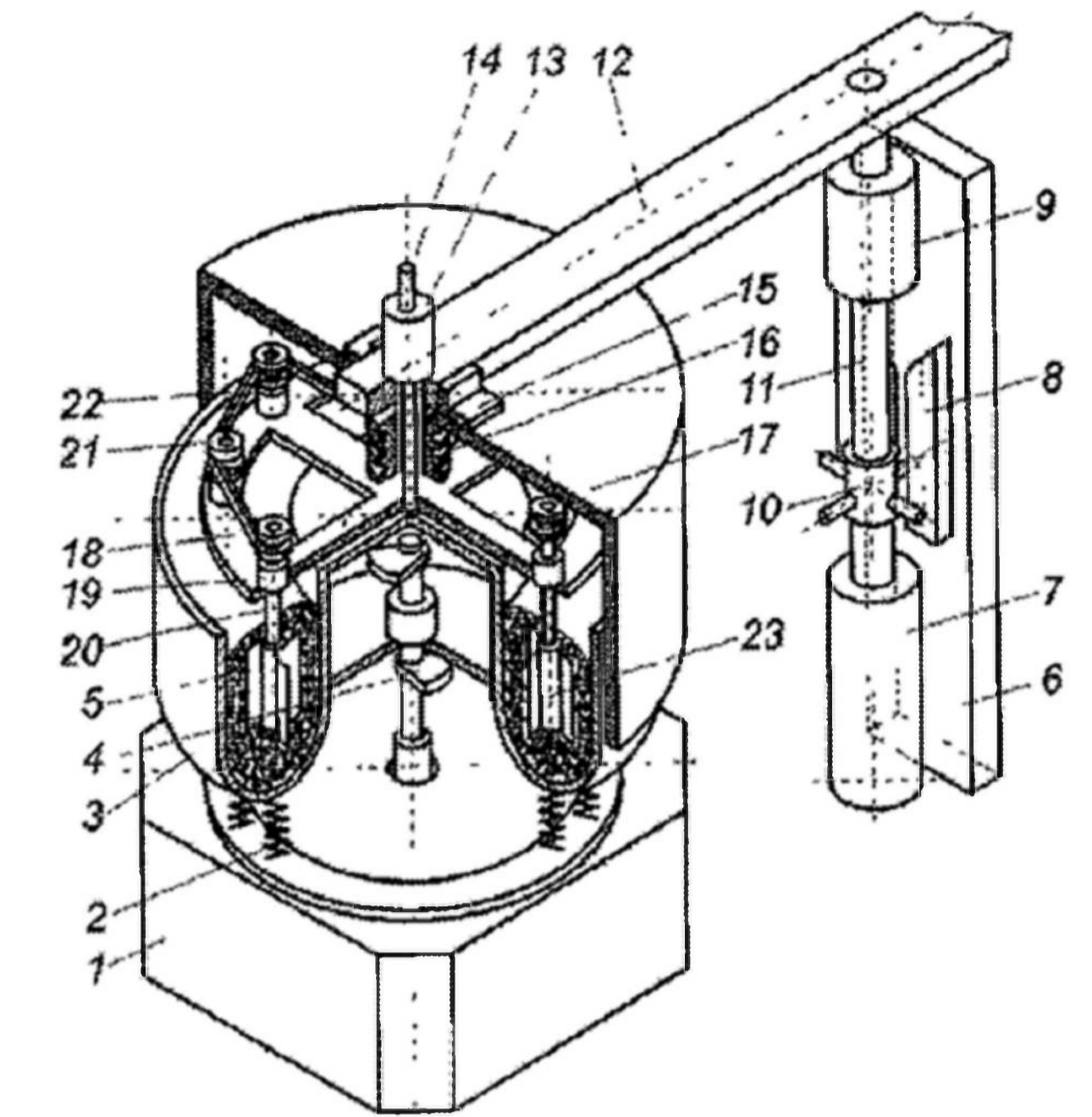


Рисунок 3 – Конструктивна схема вібраційного змішувача (патент України на корисну модель №61166)

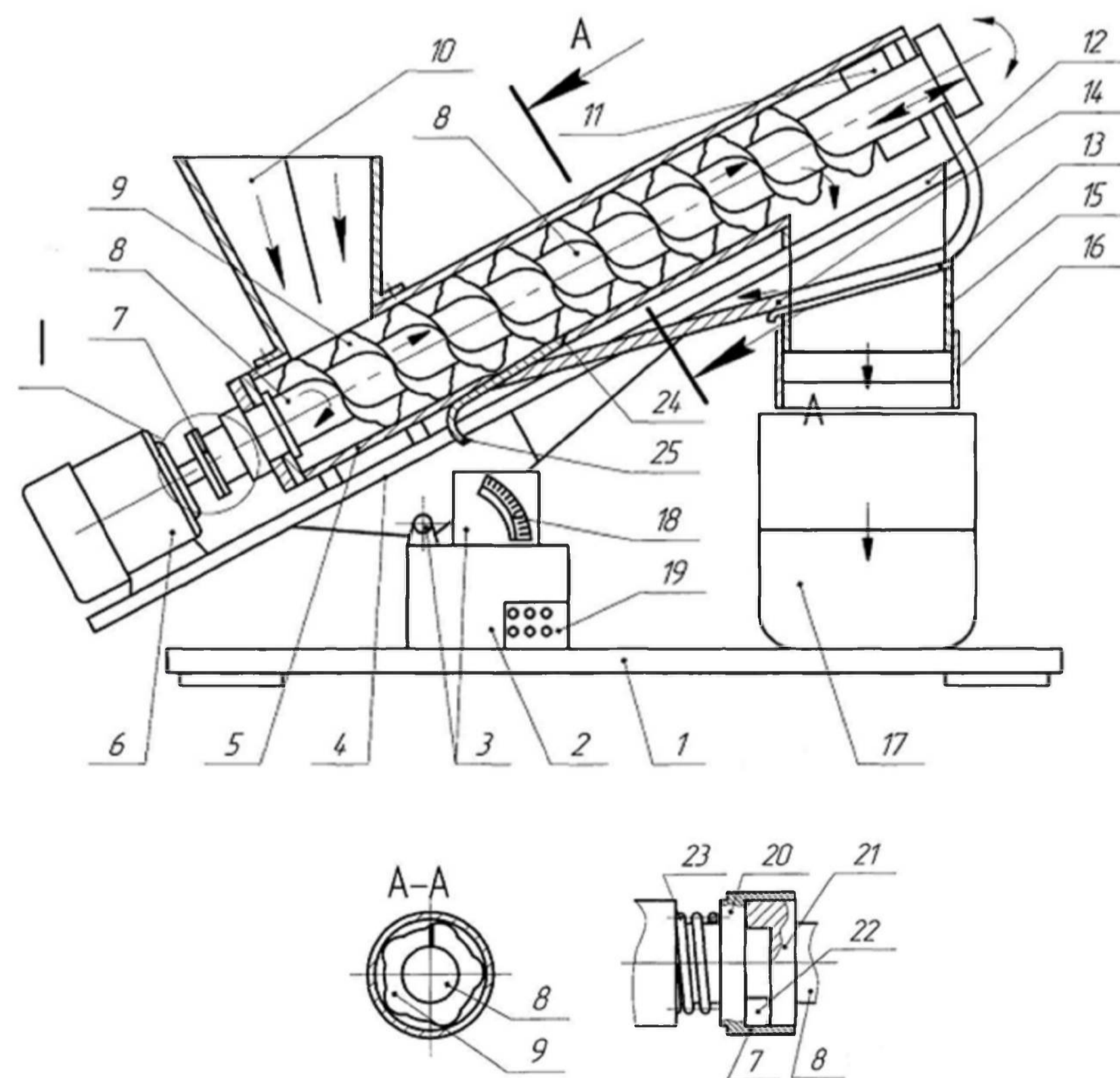


Рисунок 4 – Конструктивна схема змішувача гвинтового вібраційного (патент України на корисну модель №62633.)

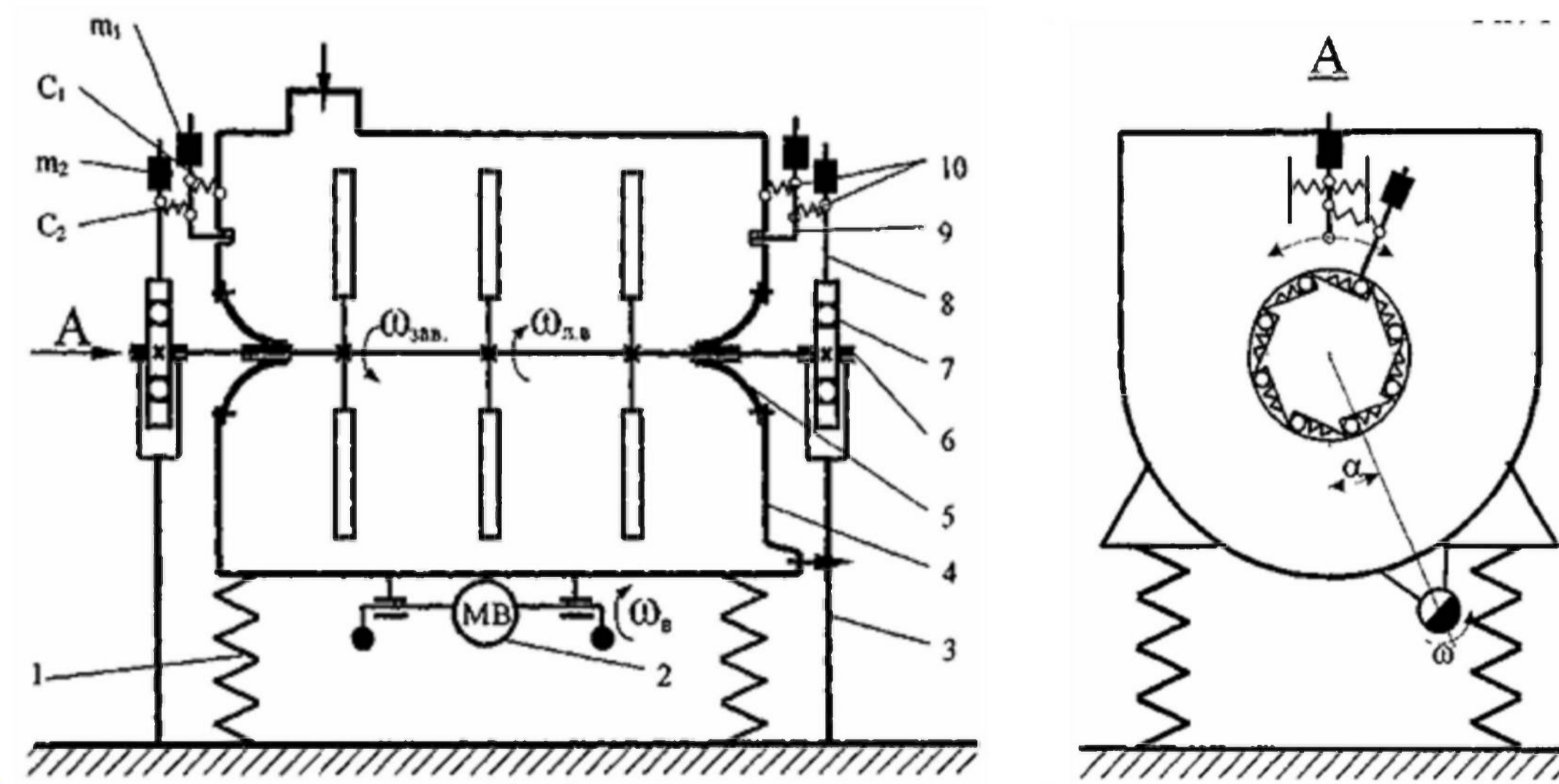


Рисунок 5- Вібраційний змішувач (патент України на корисну модель №63977)

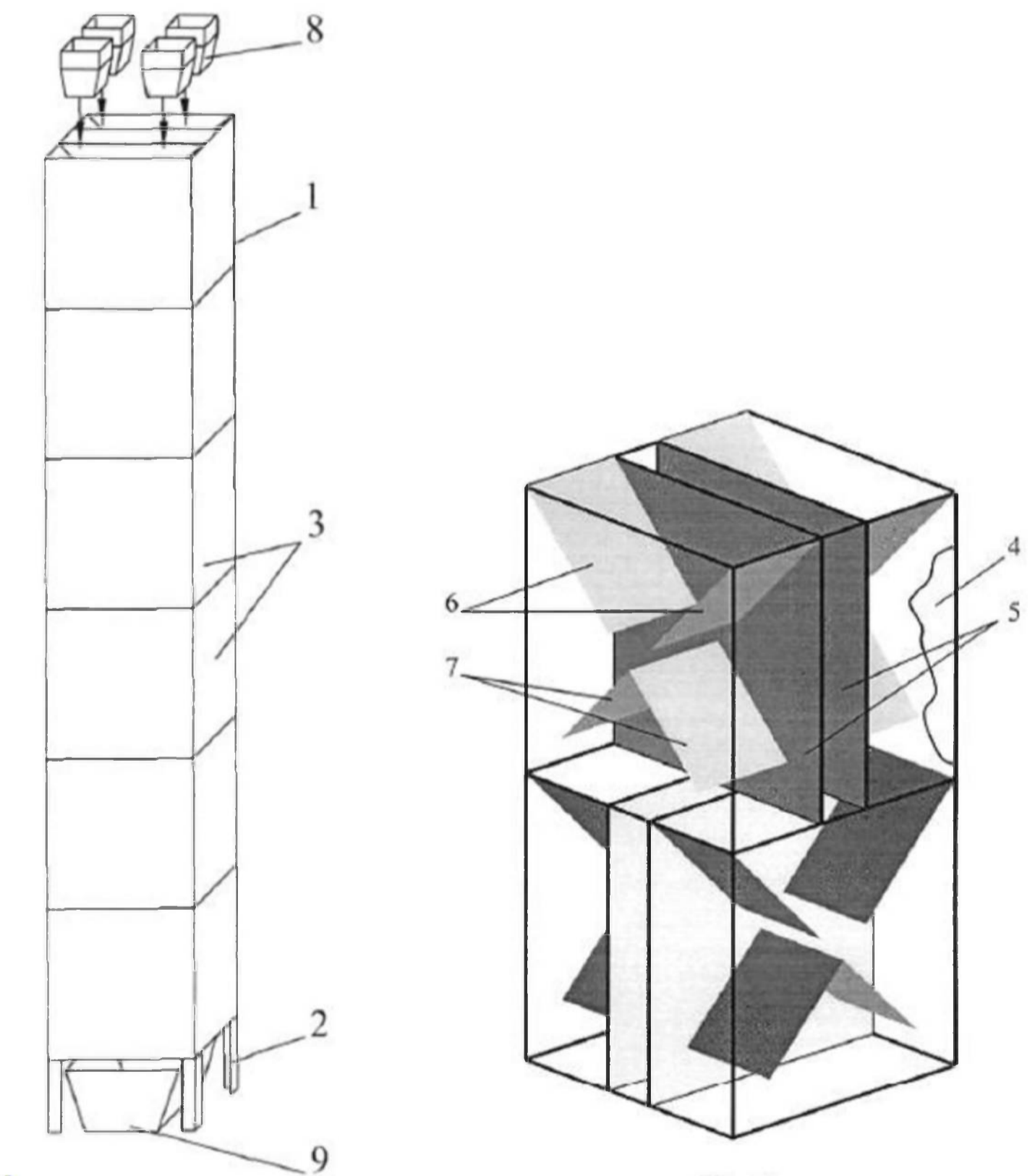
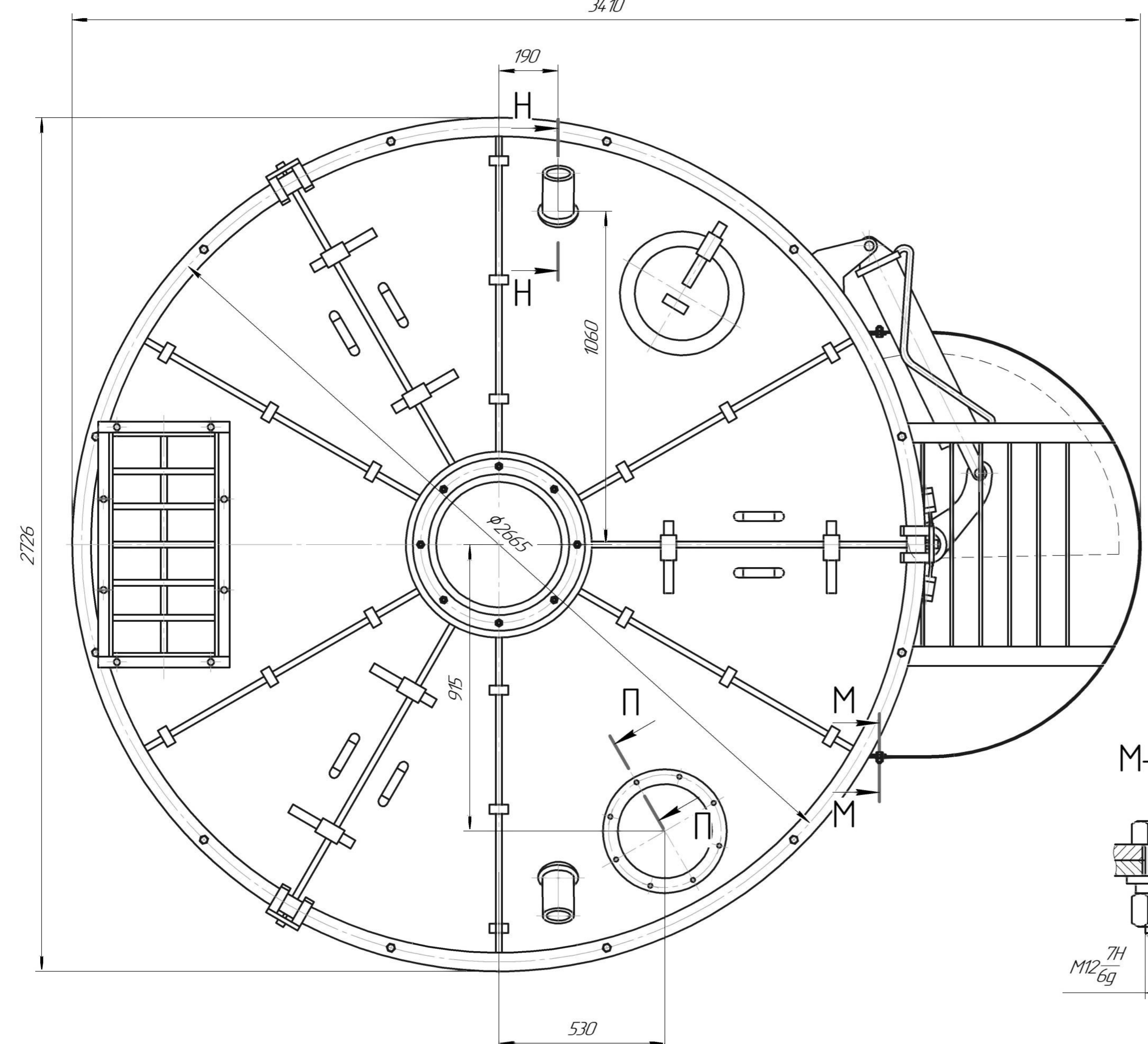
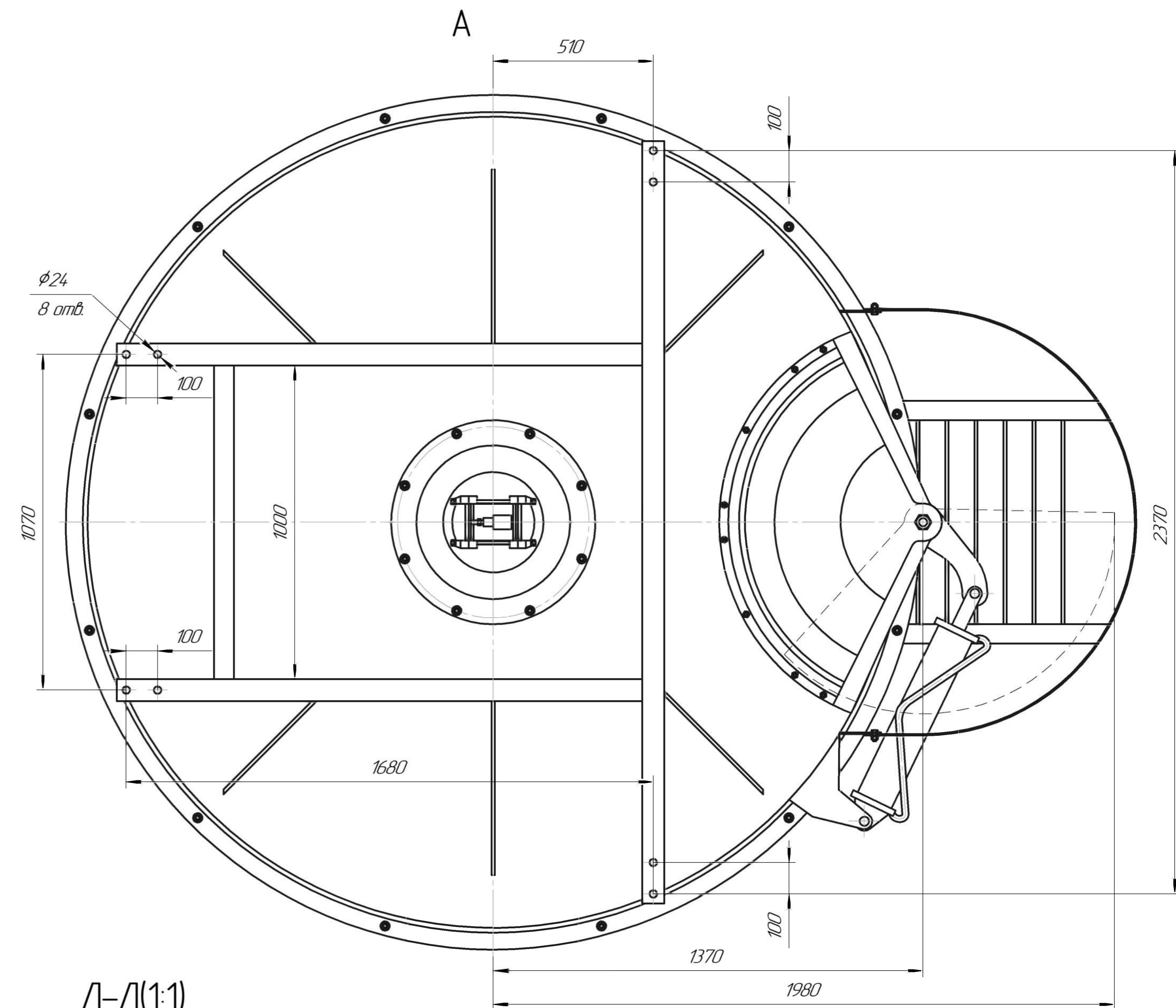
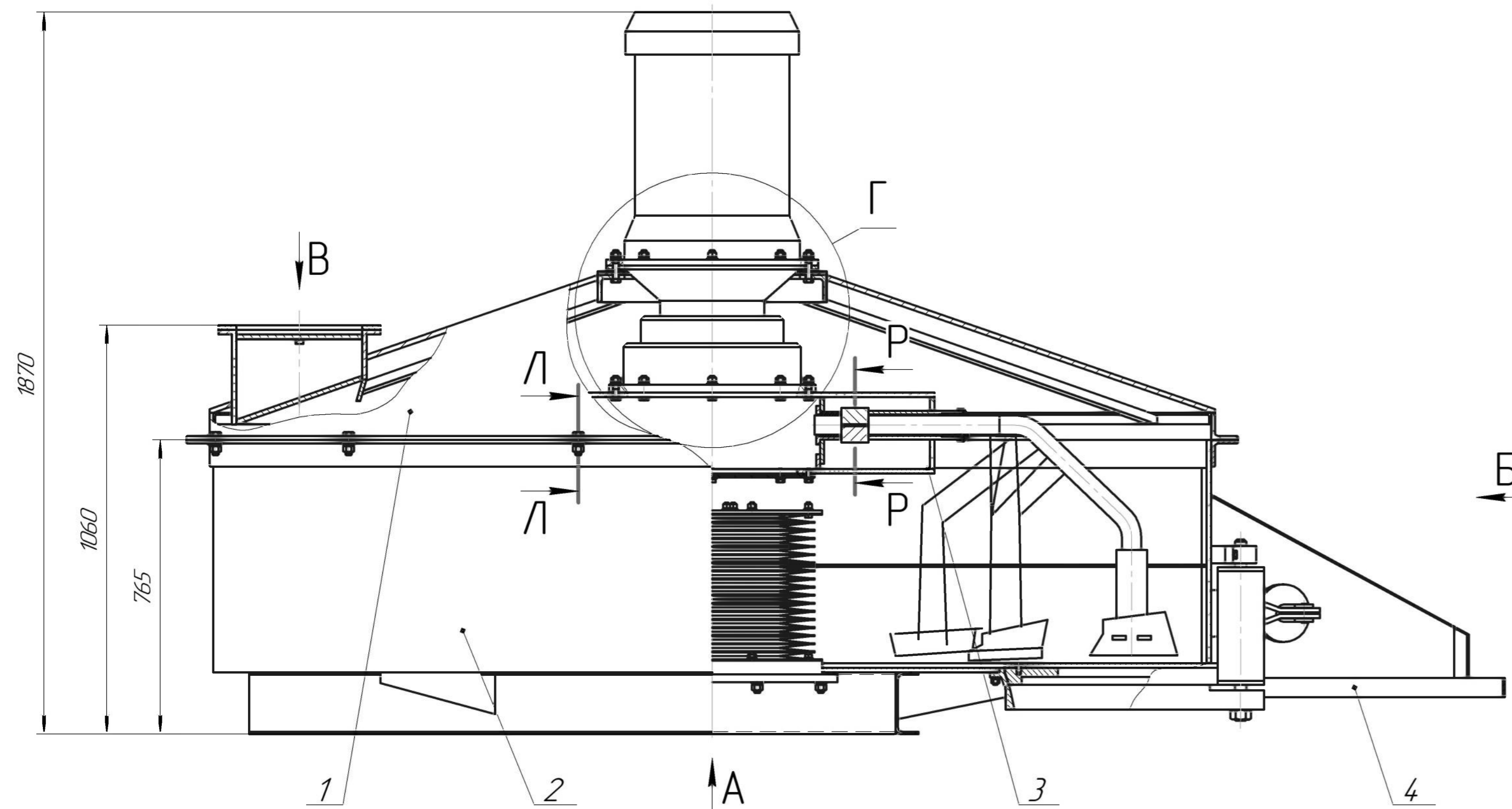
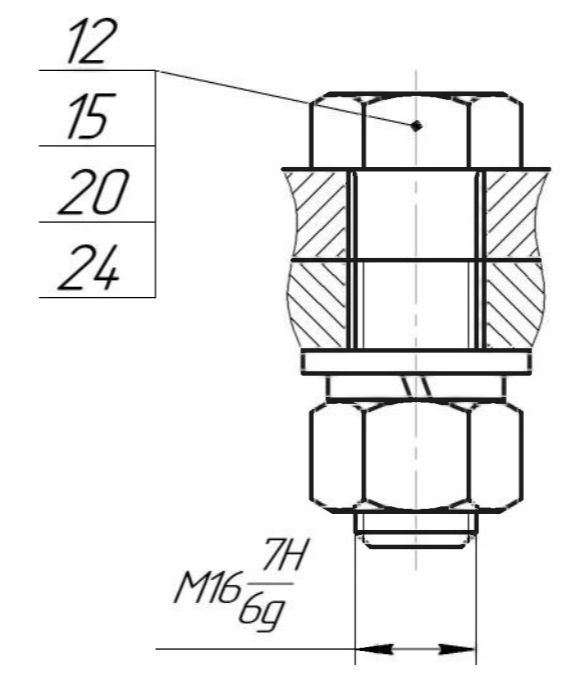


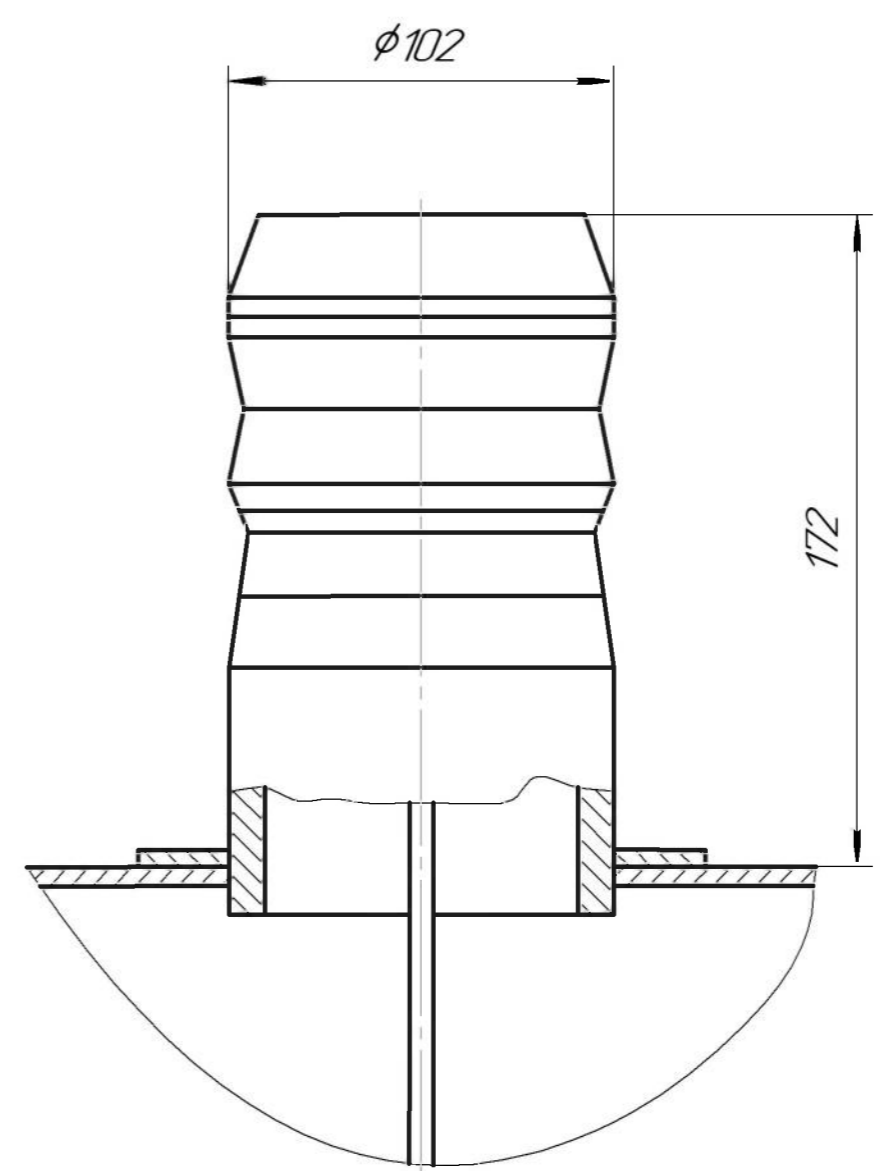
Рисунок 6 - Гравітаційний змішувач (патент України на корисну модель №127950)



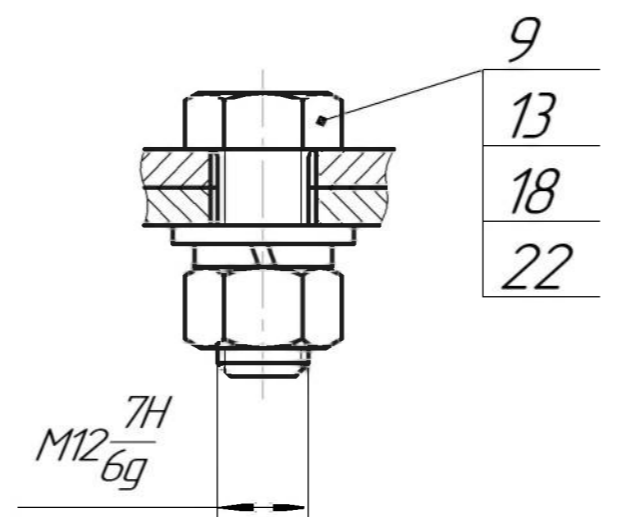
Л-Л(1:1)



Н-Н(1:2)



М-М(1:1)



Технічна характеристика

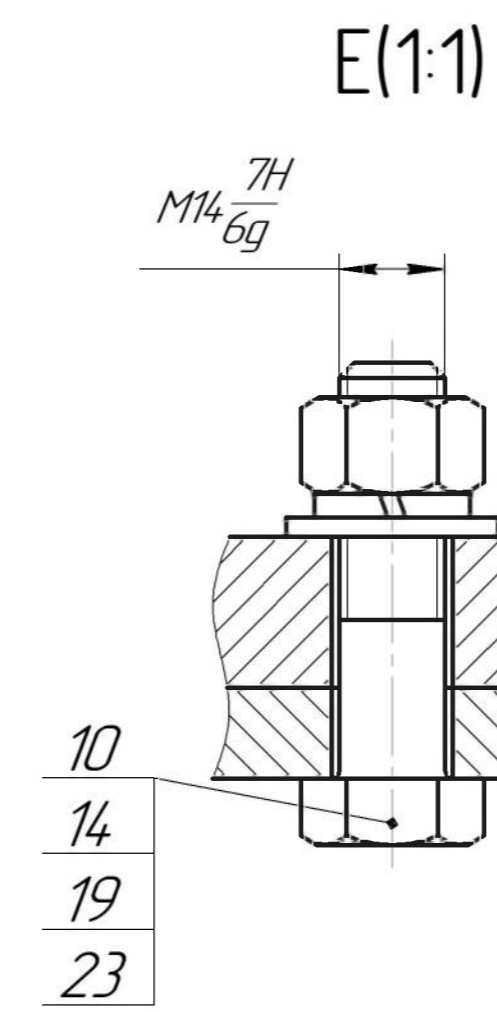
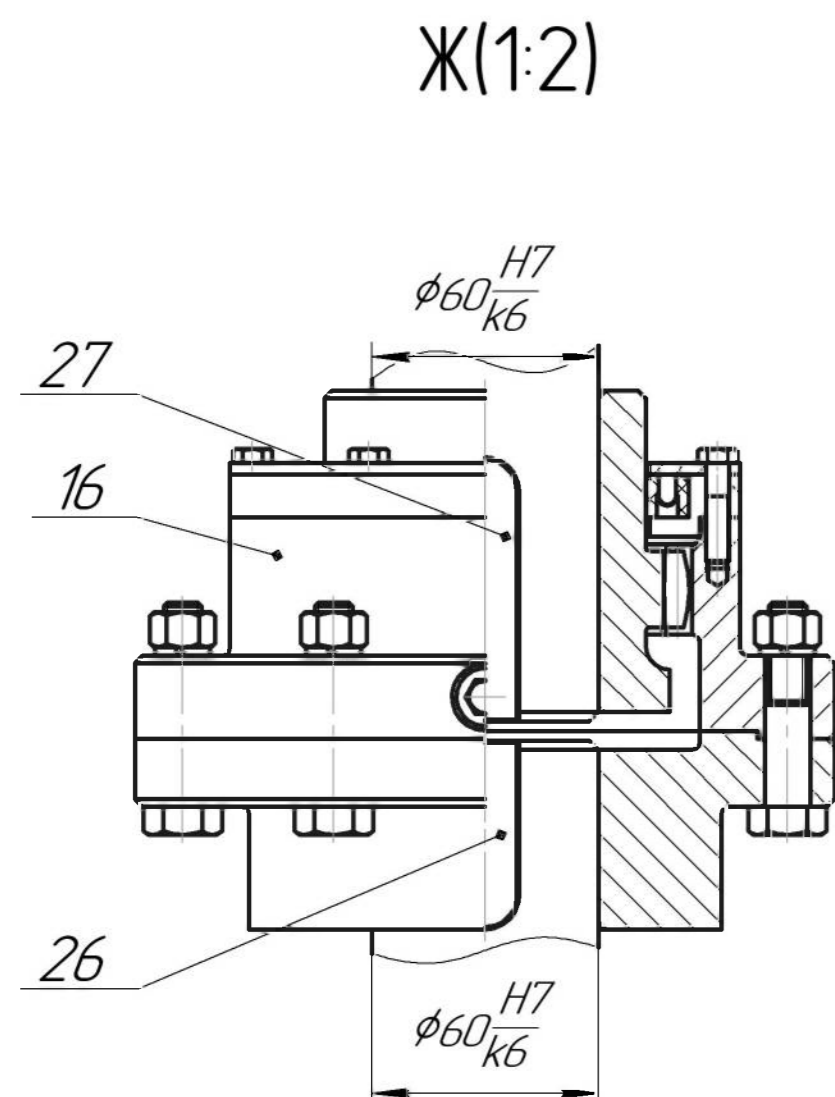
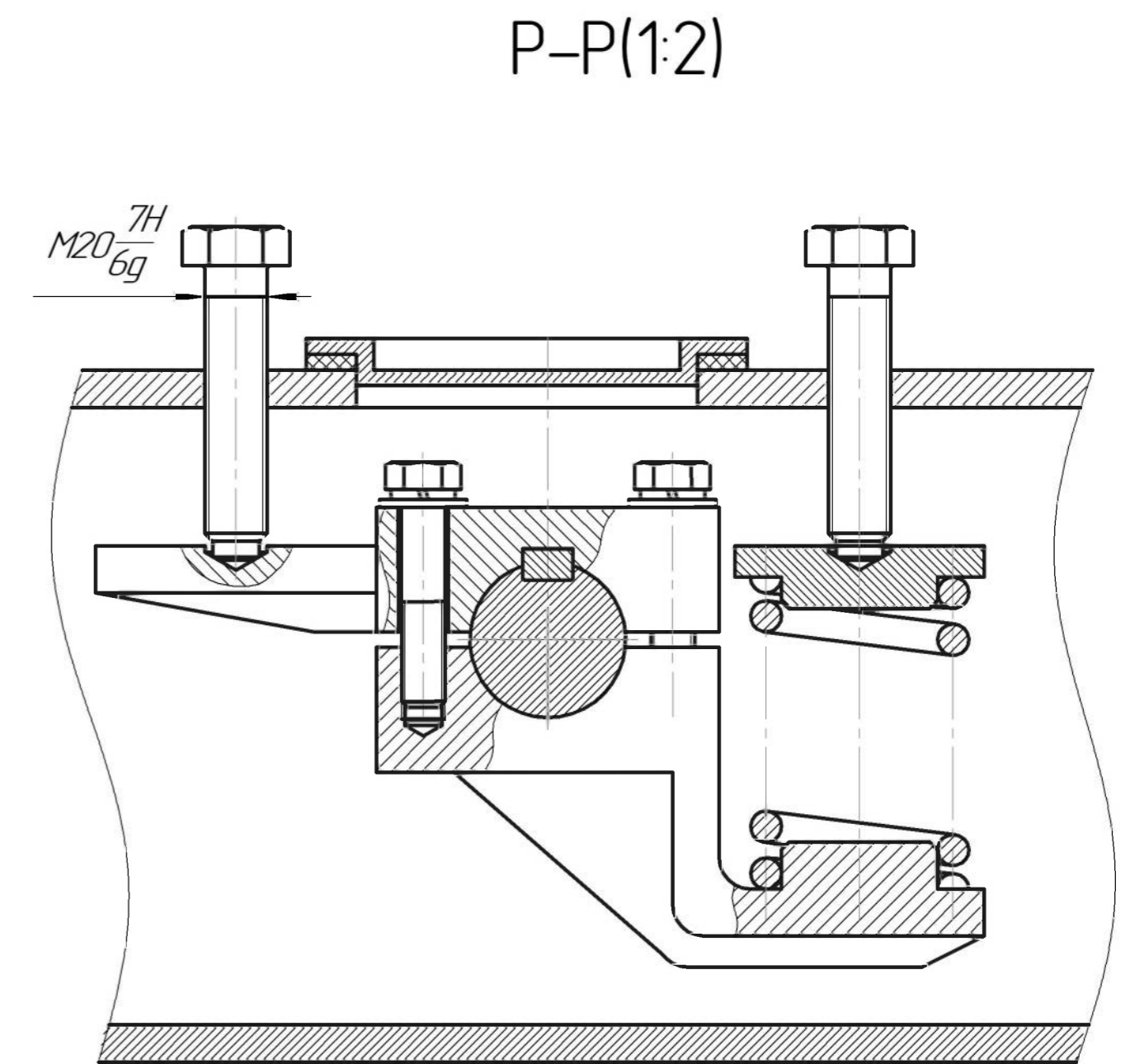
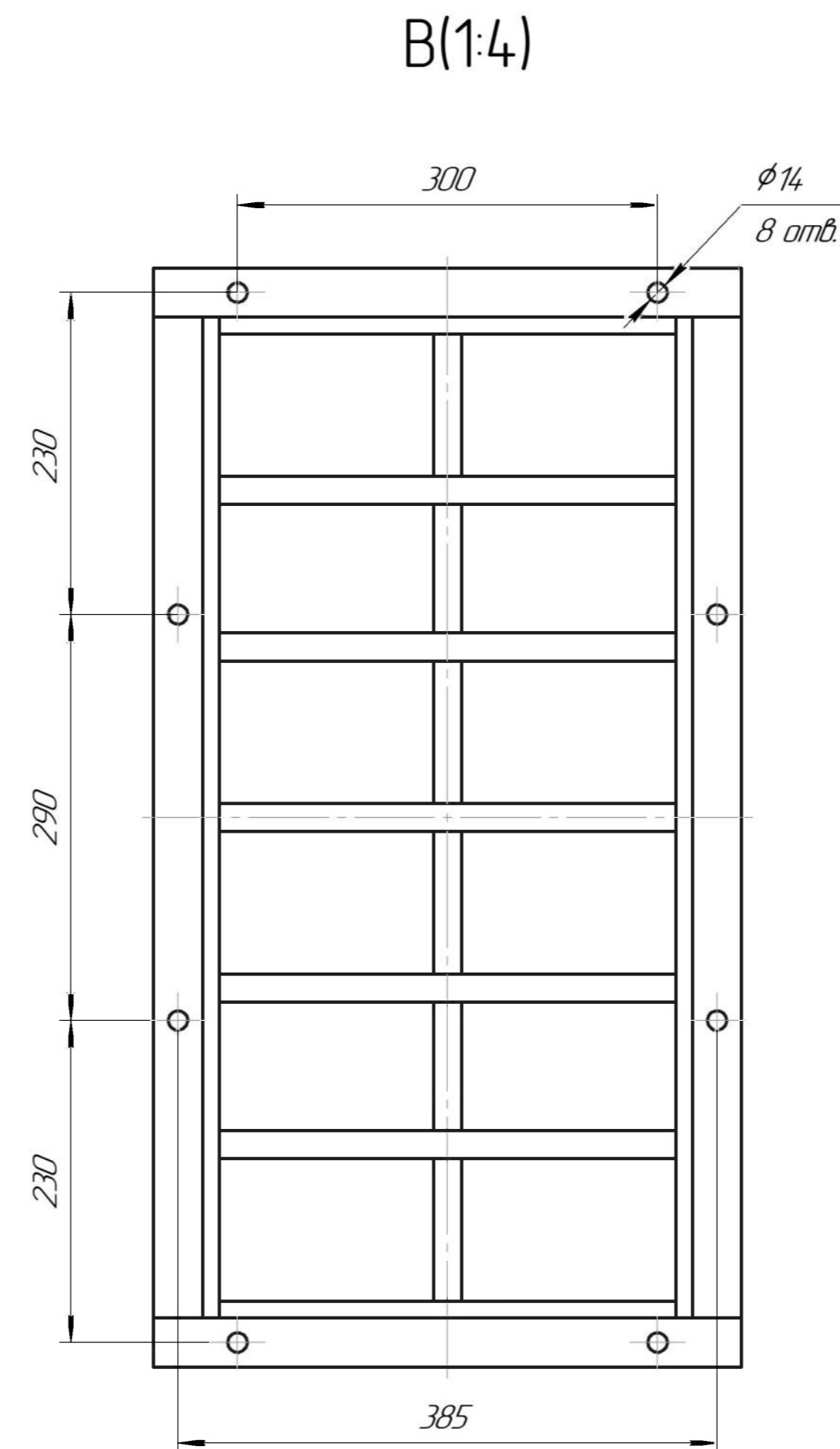
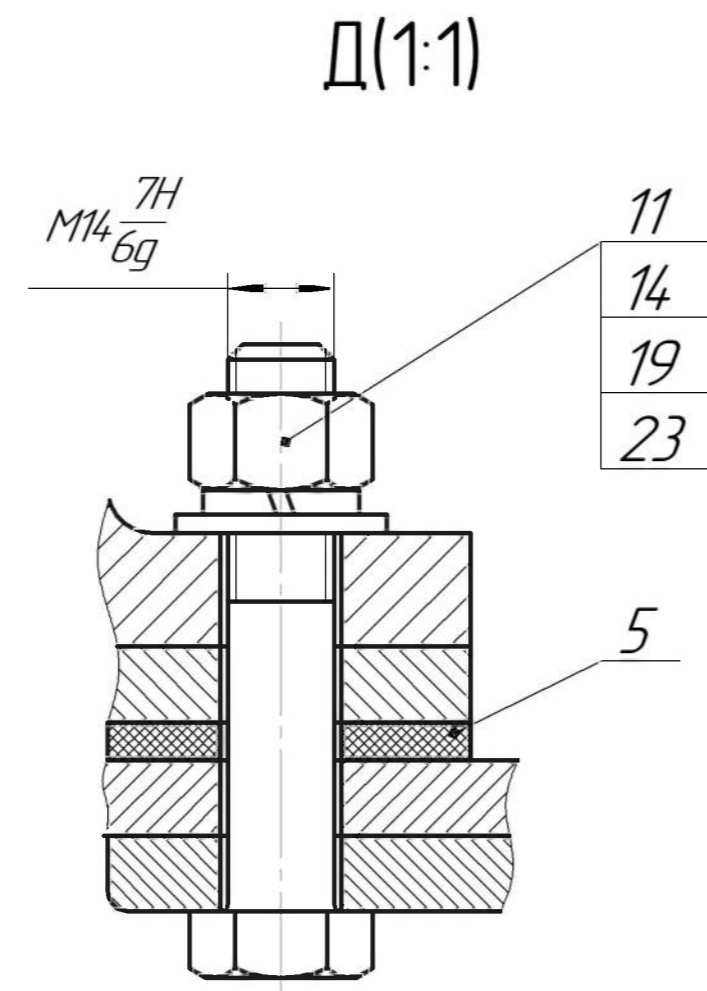
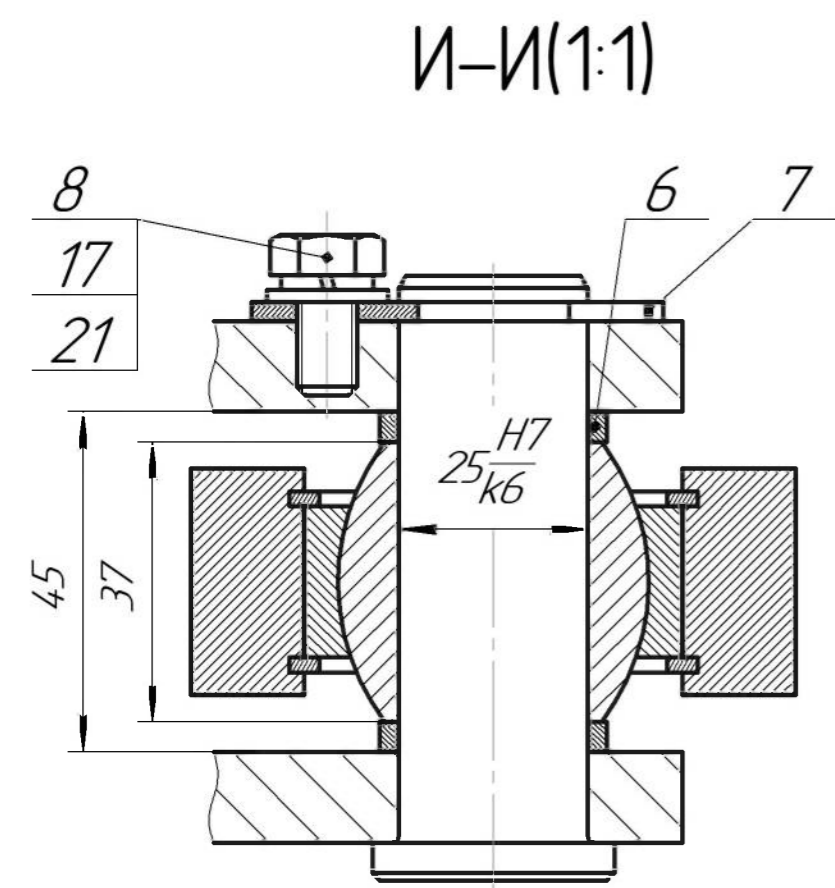
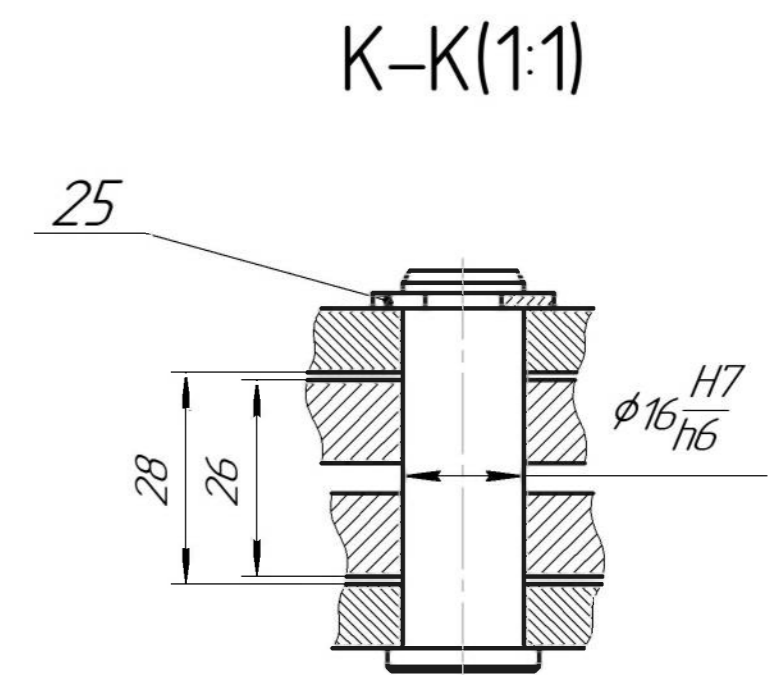
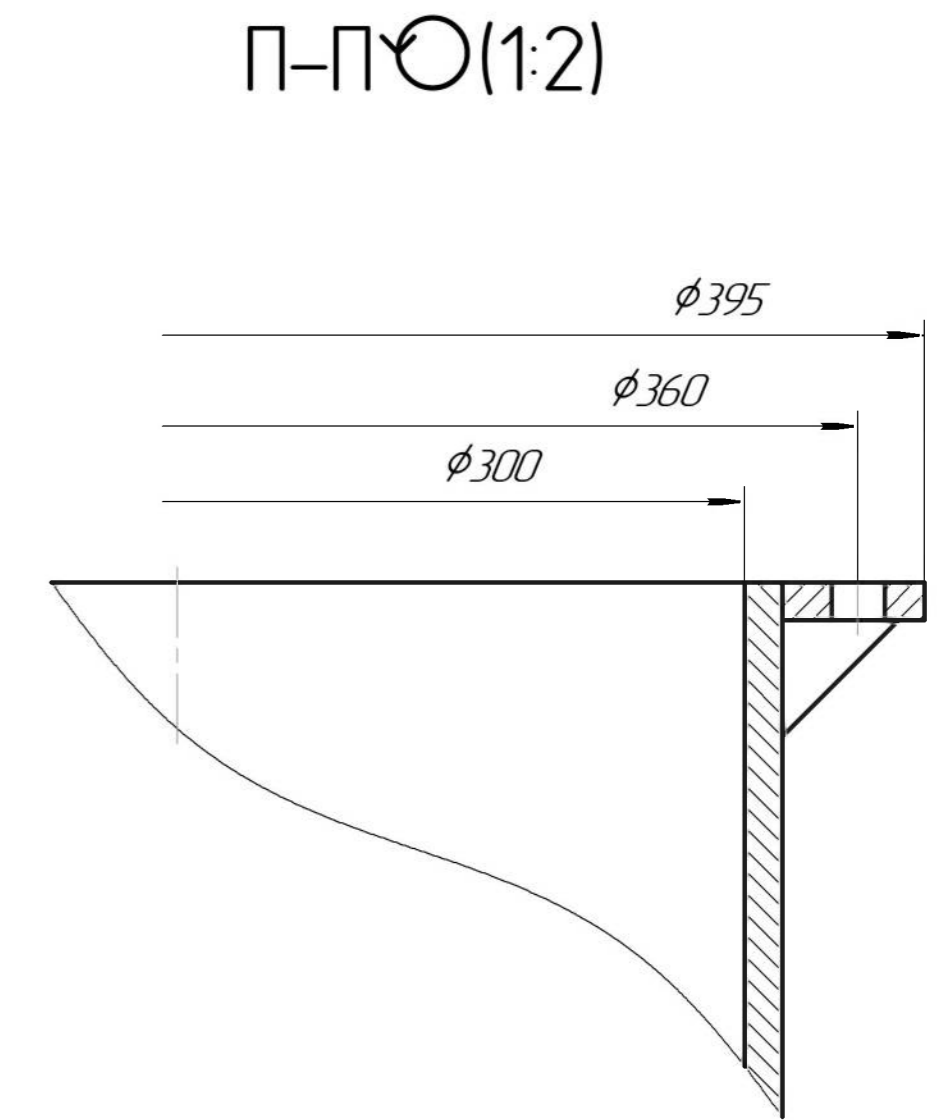
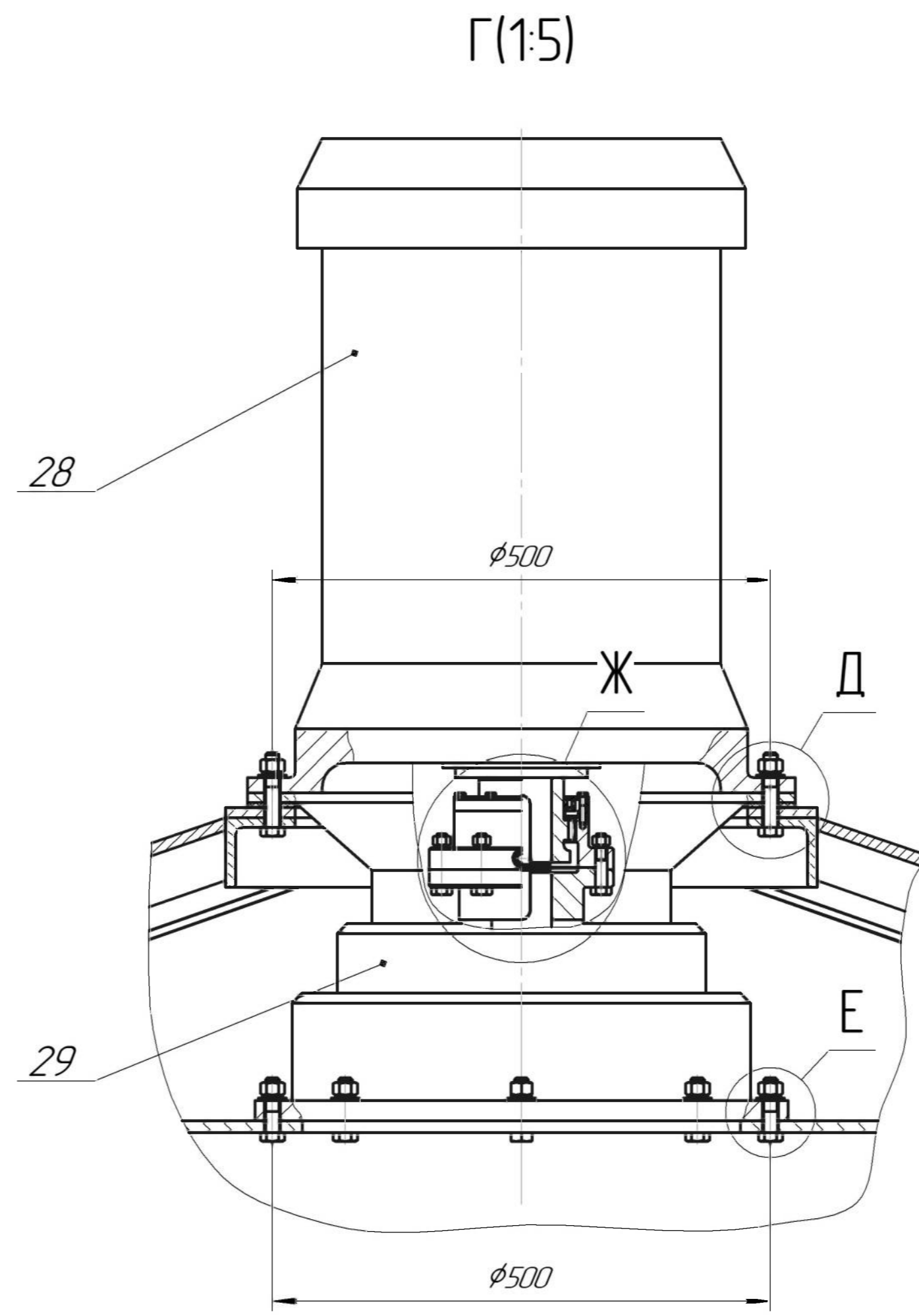
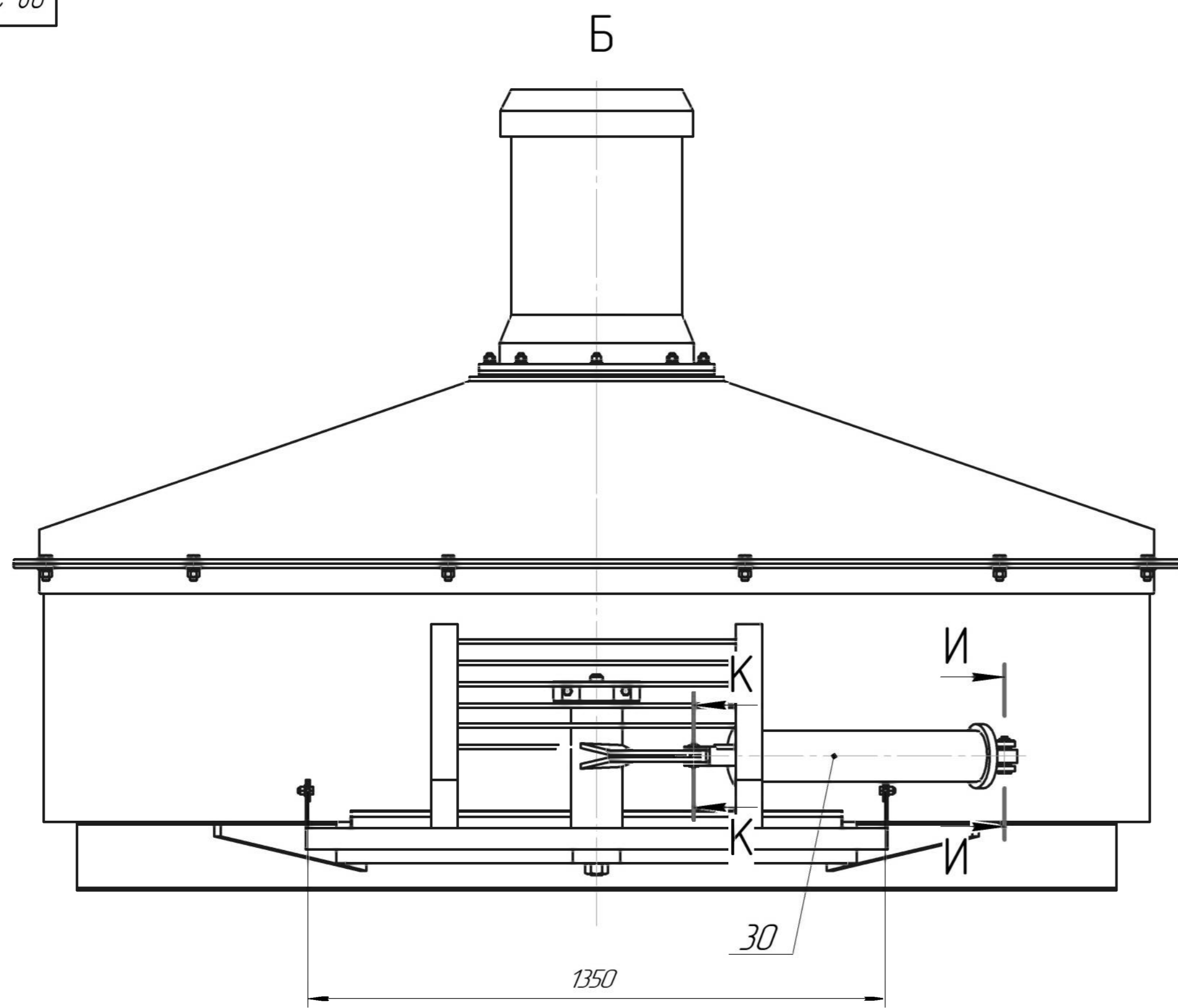
- 1. Ємність для завантаження сухими складовими, л 1500
- 2. Об'єм готового замісу, л 1000
- 3. Тривалість перемішування, с 90
- 4. Максимальна фракція наповнювача, мм 70
- 5. Частота обертання ротора, об/хв 25
- 6. Потужність електродвигуна, кВт 37
- 7. Робочий тиск повітря в гідроциліндрі, МПа, не менше 0,5

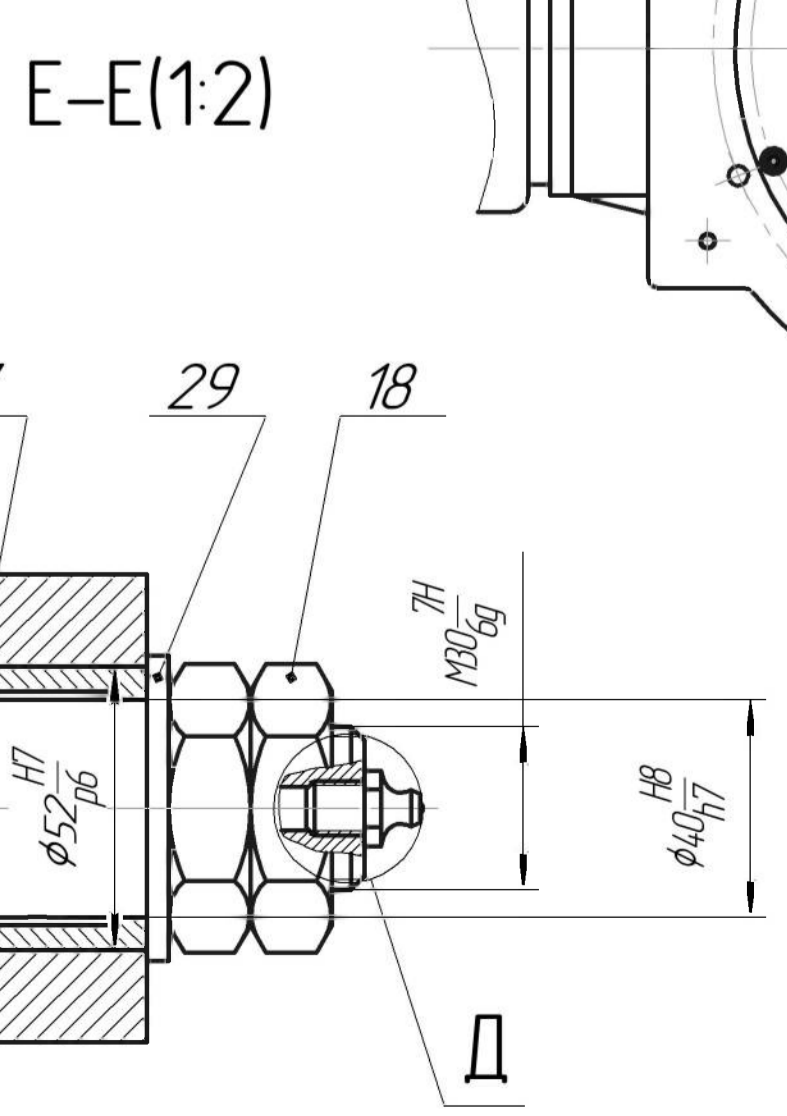
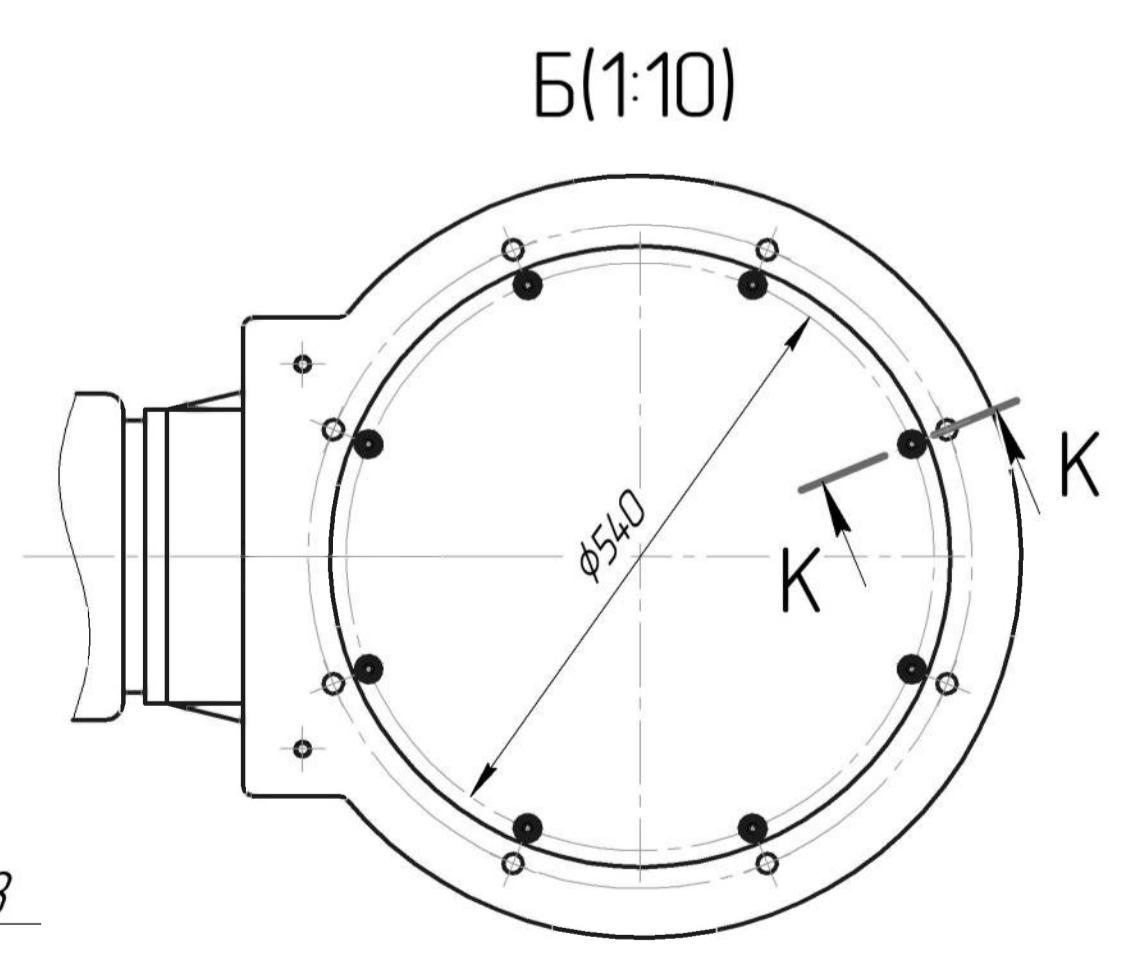
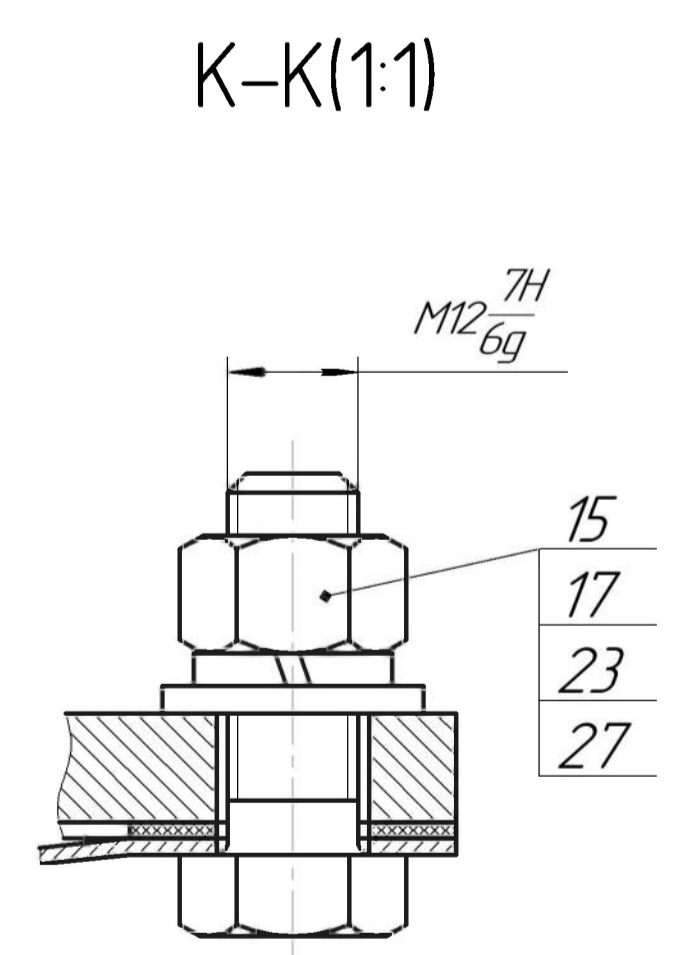
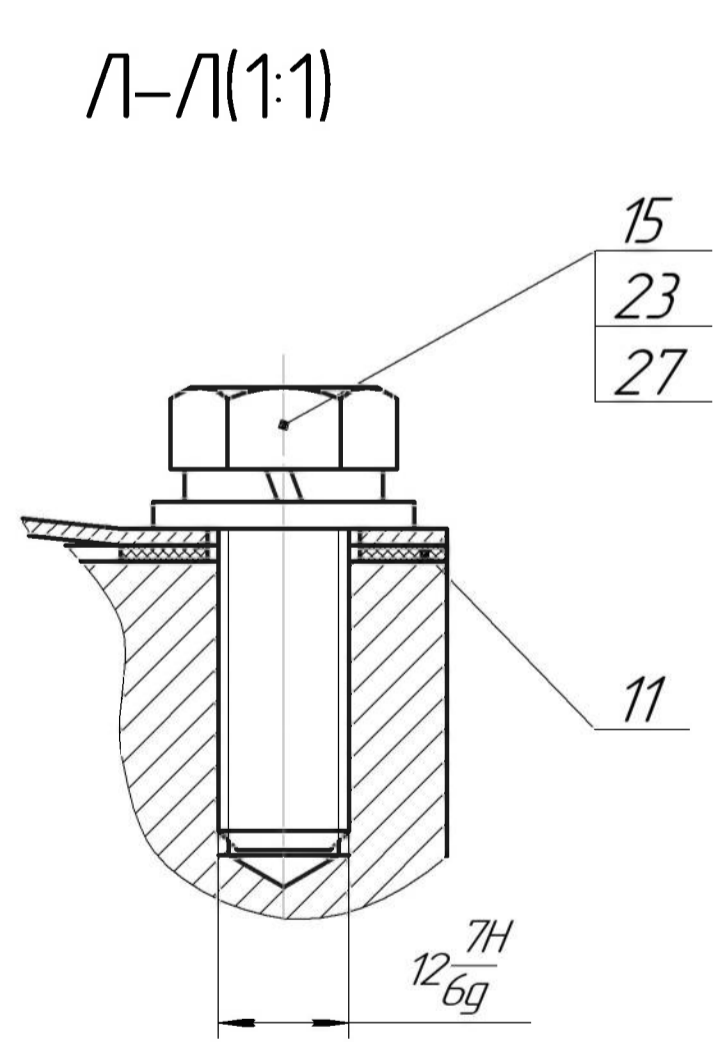
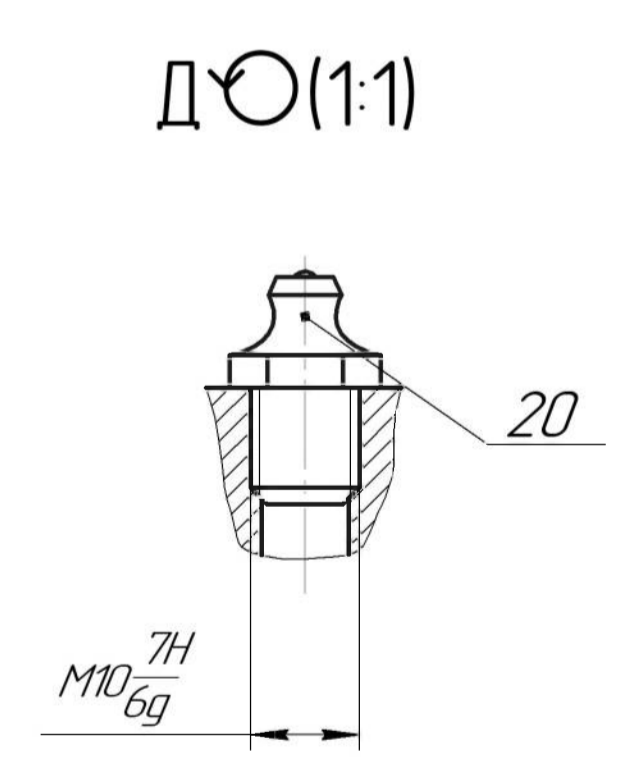
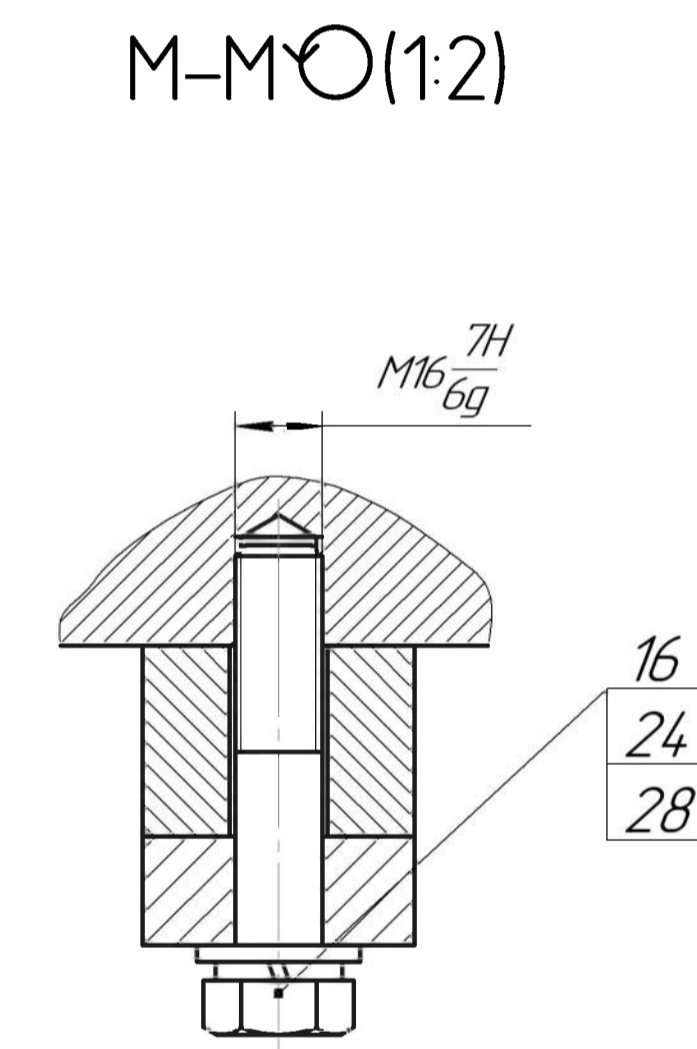
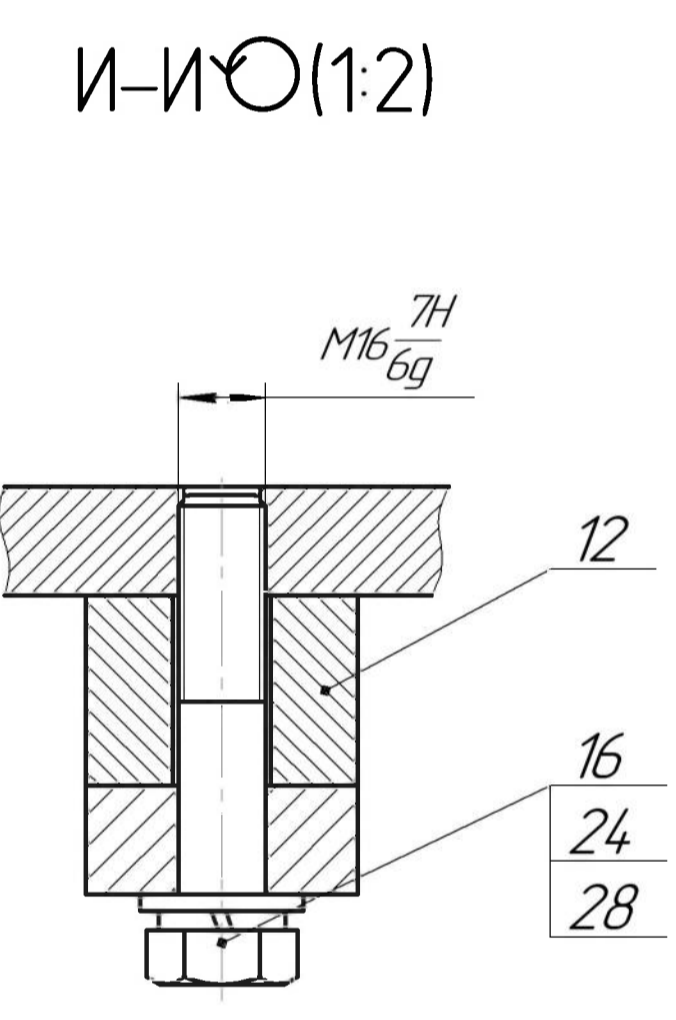
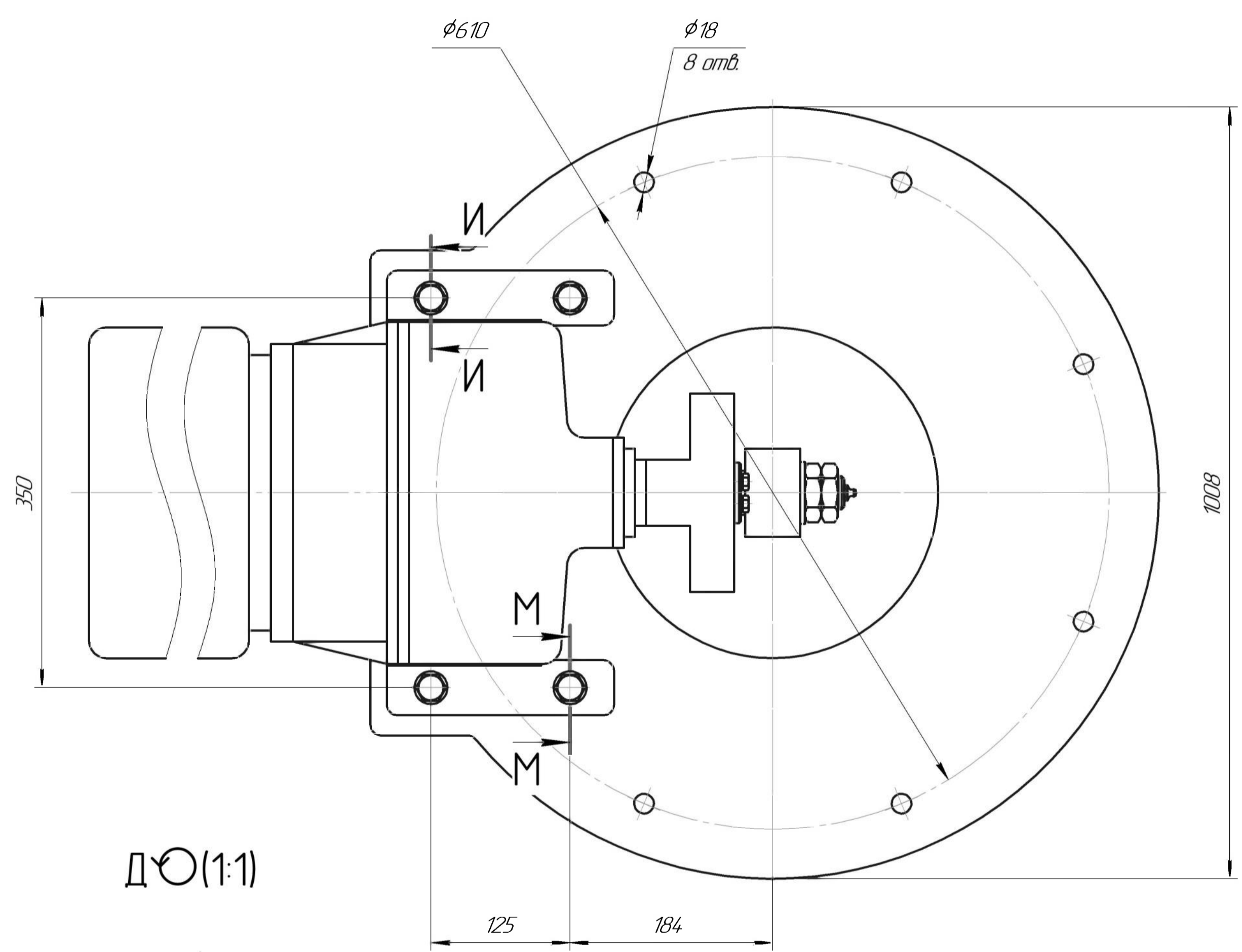
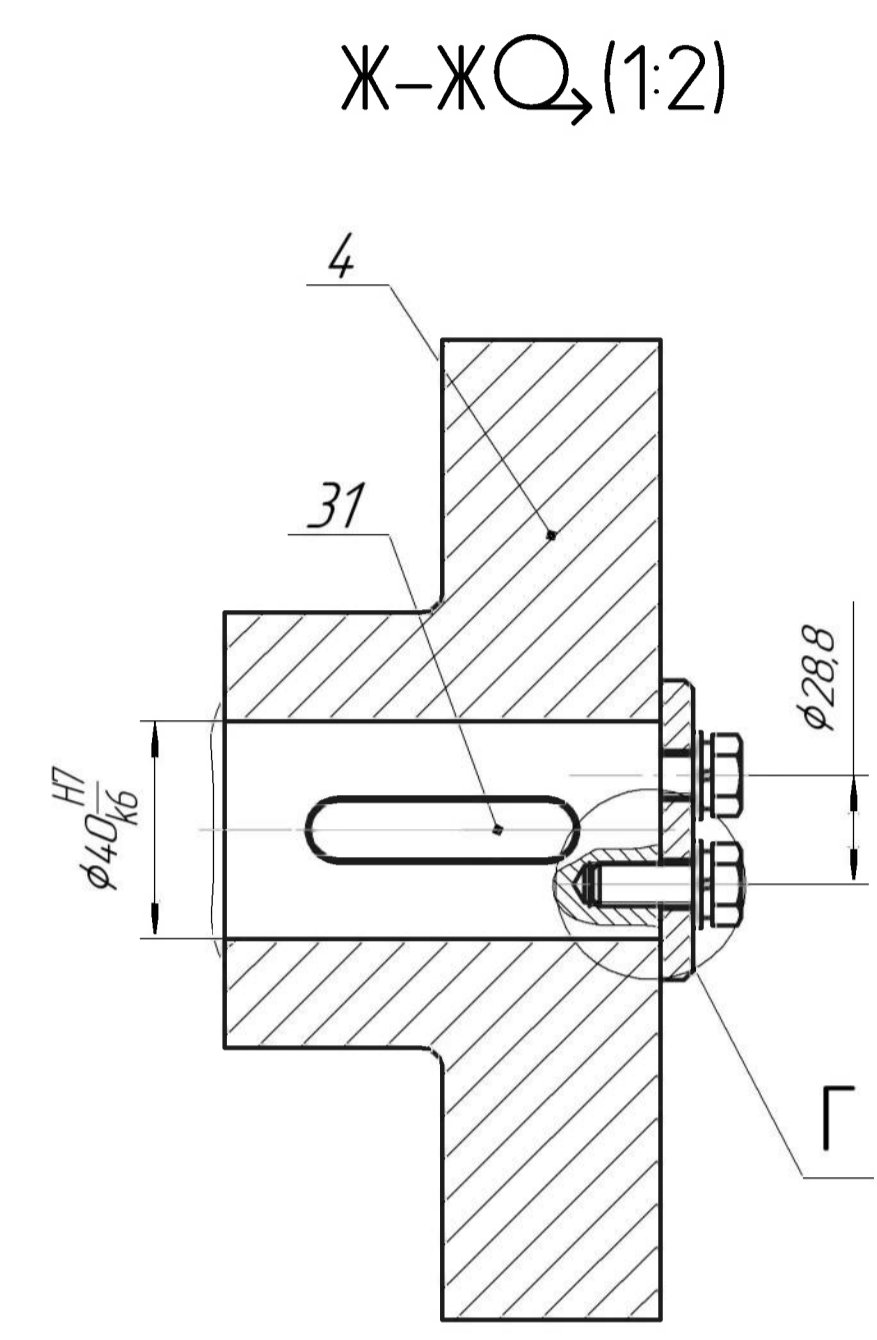
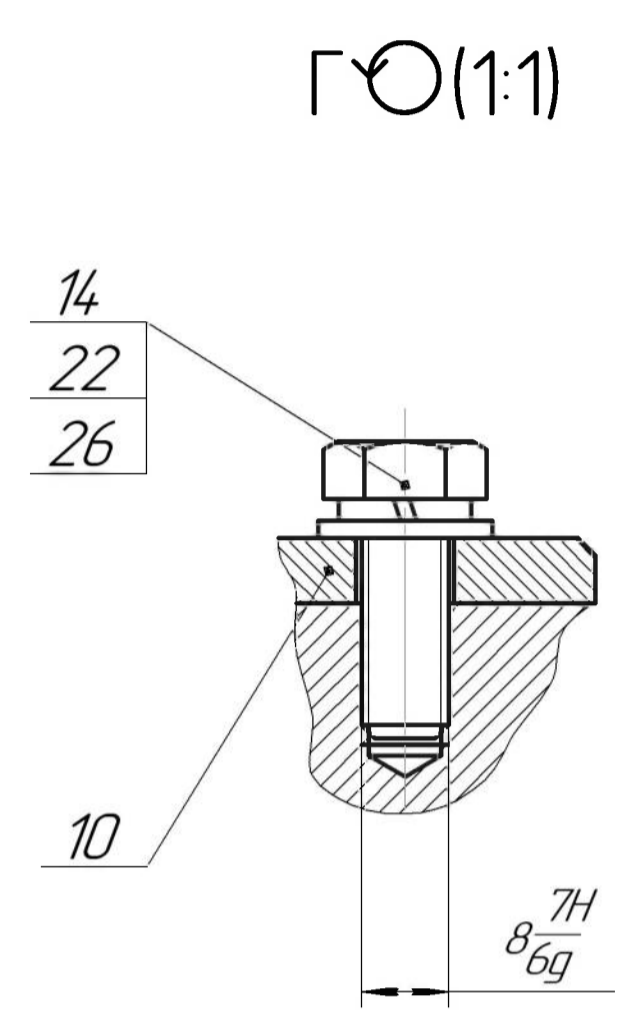
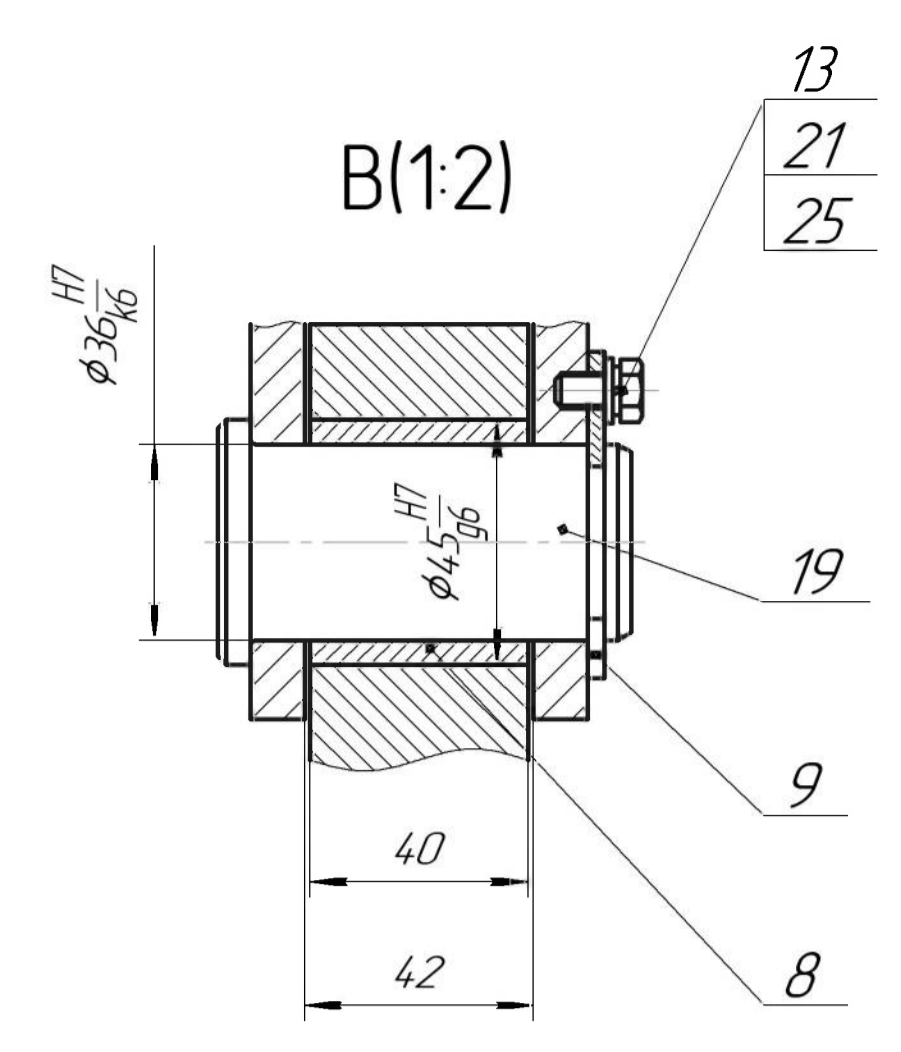
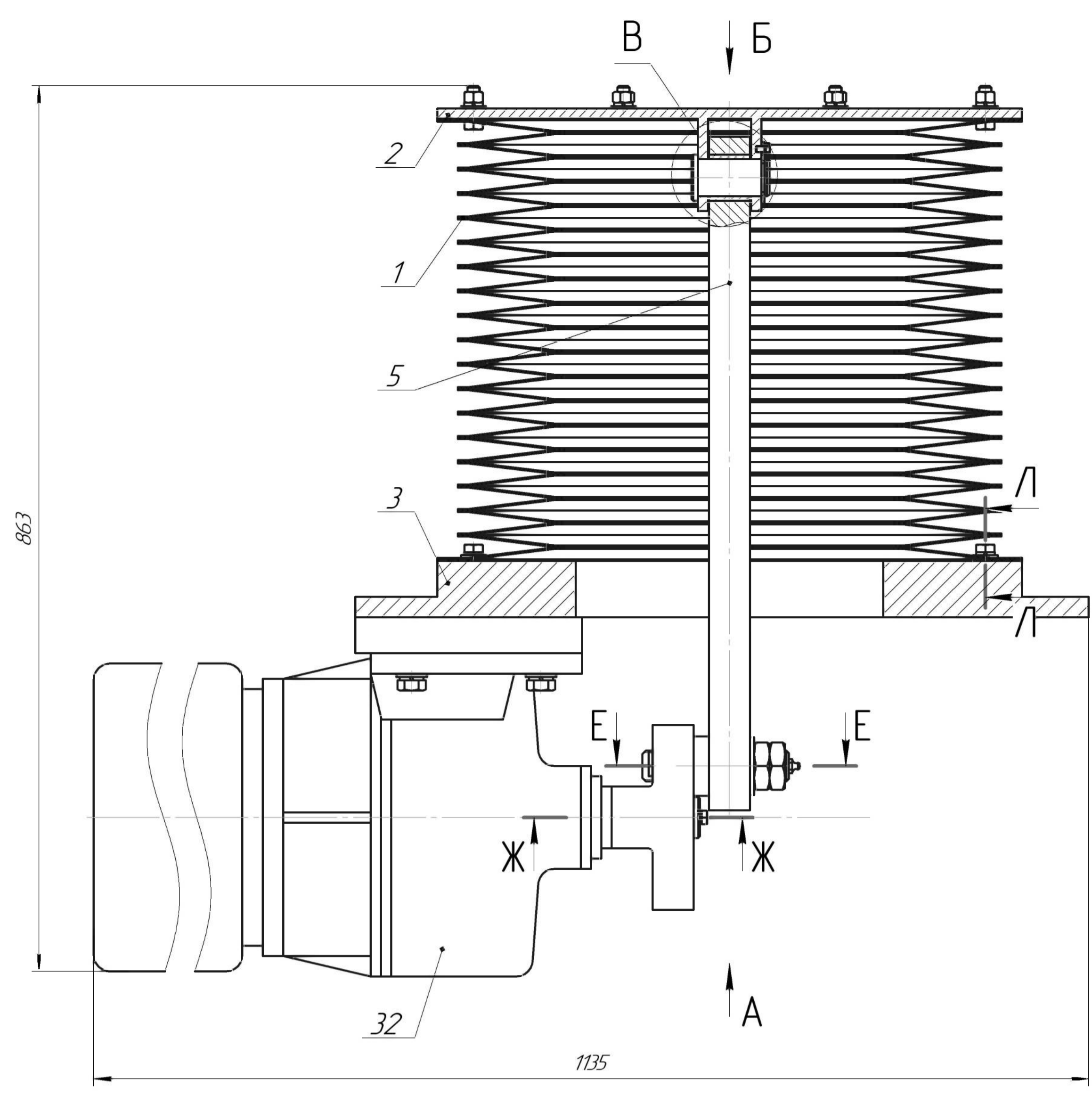
Технічні вимоги

- 1. Всі рухомі з'єднання помазати мастилом ЦІАТИМ-221 ГОСТ 9433-80.
- 2. Перевірити затяжку всіх нарізних з'єднань.
- 3. Перевірити, за необхідності відрегулювати зазори між лопатками і фронтом днища корпусу і затвором.
- 4. Перед введенням в експлуатацію виконати обкатку виробу в 8 годин.
- 5. Невказані граничні відхилення, H14, h14, ± 2<sup>-1</sup>.

				08-27.МКР.03.04.00.000СК		
				Вібраційний змішувач з механічним генератором коливань (складальне креслення)		
Лист	№	Листів	Маса	Масштаб		
1	1	2		1:10		
				ВНТУ, см. гр. 1ГМ-21м		

Перш. промен. / Стор. № / Підп. і дата / Векс. шифр. № / Підп. і дата / Шифр. № / Підп. і дата / Шифр. №



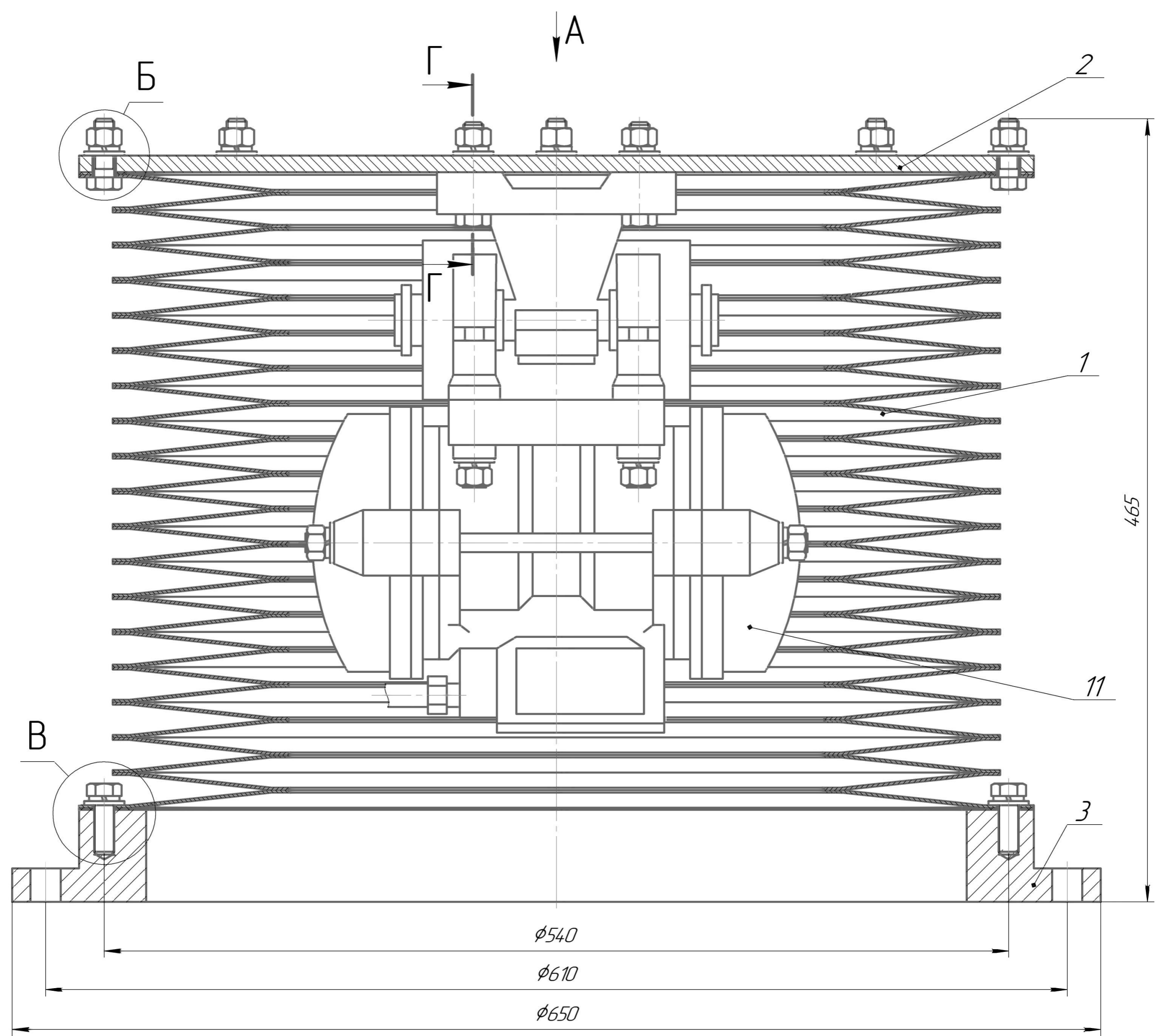


1. Всі рухомі з'єднання змазати мастилом ЦІАТИМ-221 ГОСТ 9433-80.
2. Мотор-редуктор маніпувати після установки в чашу.
3. Після зборки виконати обкатку впродовж 2 годин.
4. Виконати перевірку затяжки всіх нарізних з'єднань.

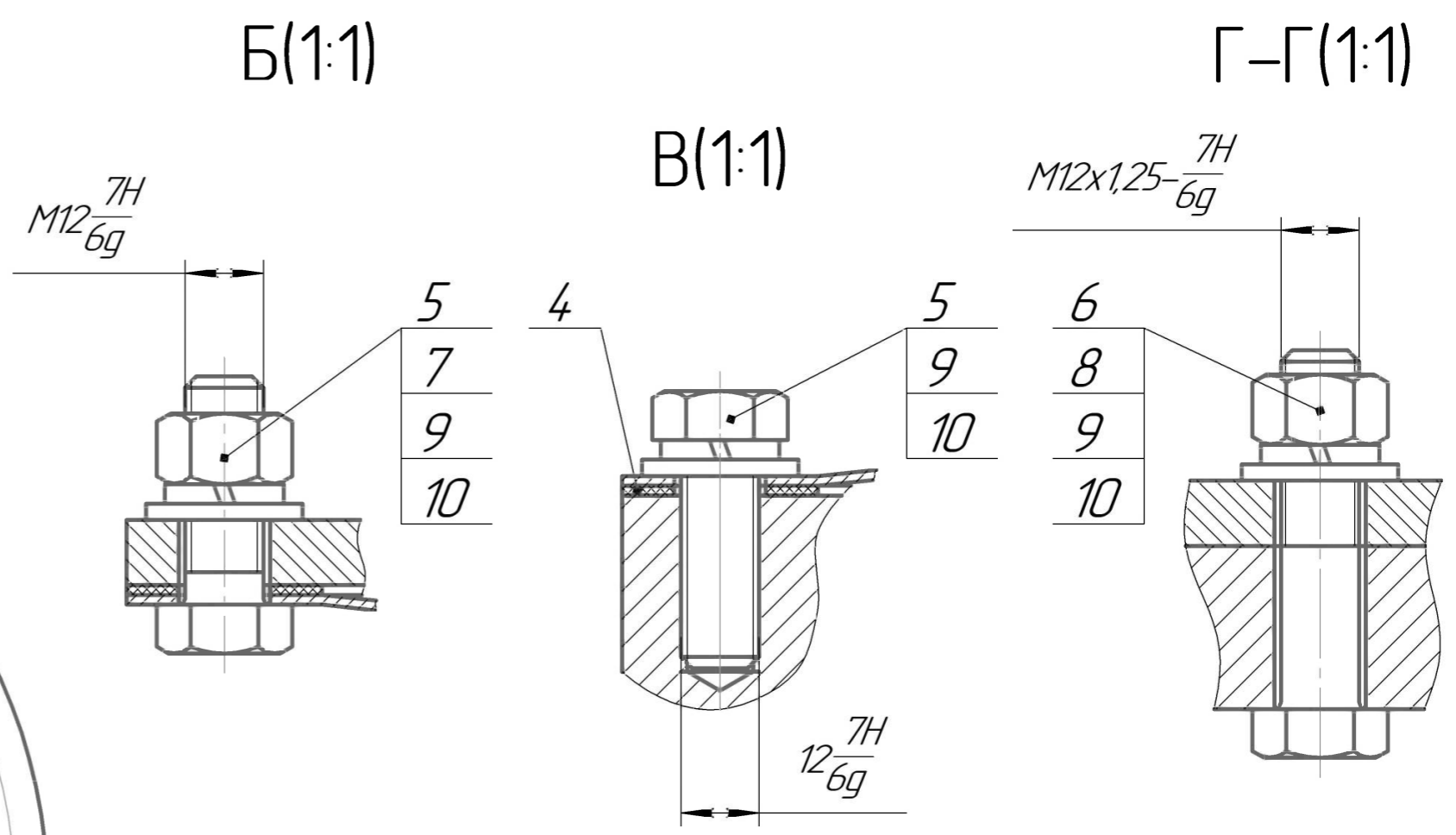
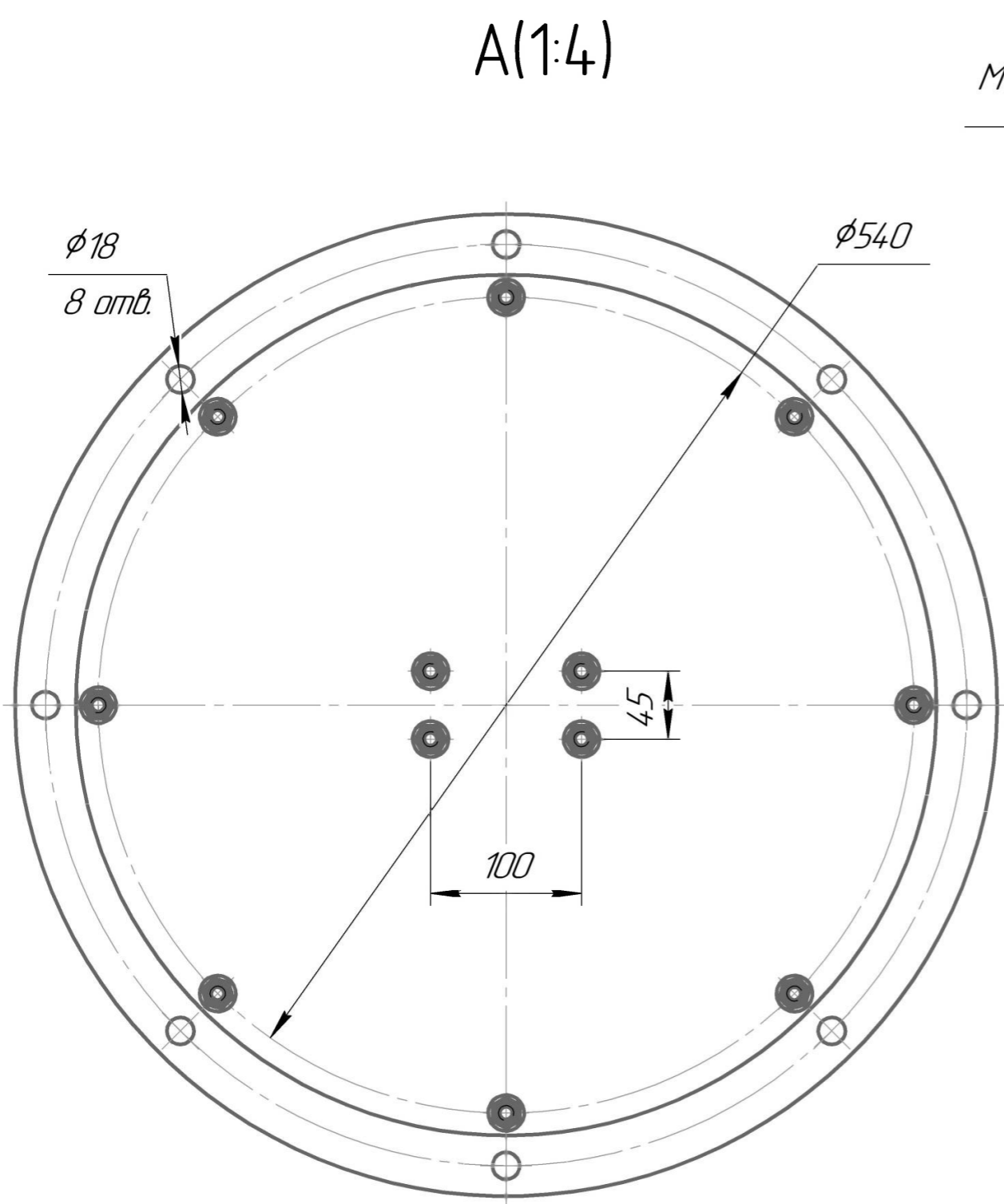
Лист	№ докум.	Лист	Дата
Сторінка №	Внес. шифр №	Лист №	Дата
Лист №	Лист №	Лист №	Дата

08-27.МКР.03.05.00.000СК			
Вібратор (складальне креслення)			
Лист	Масштаб	Максимум	
1		15	
Лист	Листів	1	
ВНТУ, см. зр. 1ГМ-21М			





Перв. примеч.	
Справ. №	
Падп. и дата	
Инд. № дил.	
Взам. инв. №	
Падп. и дата	
Инд. № падп.	

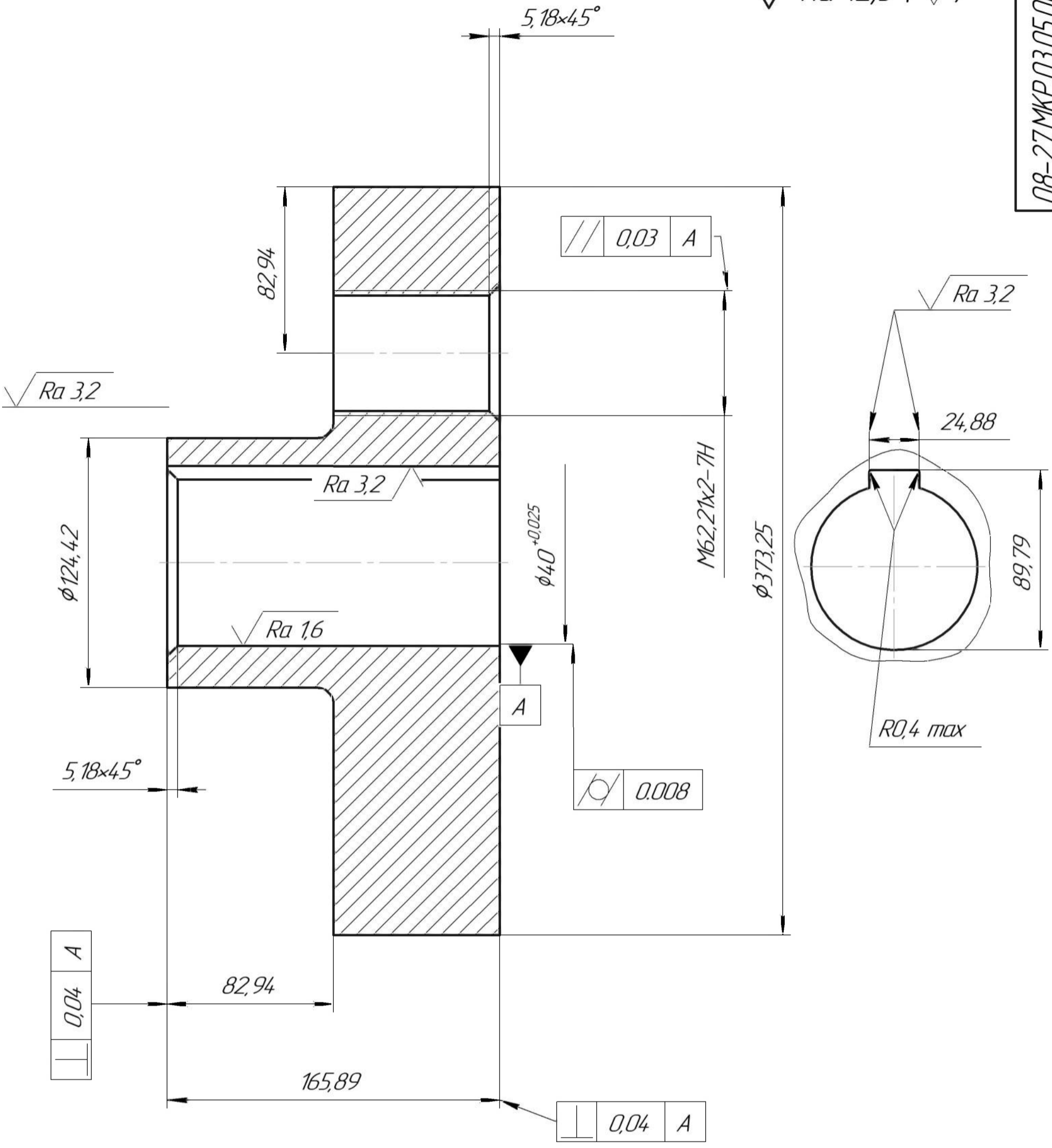


- Після зборки виконати обкатку впродовж 2 годин.
- Перевірити затяжку всіх нарізних з'єднань.
- Невказані граничні відхилення Н14, н14, ±  $\frac{IT14}{2}$ .

				08-27.МКР.03.06.00.000СК				
Изм. Лист	№ докум.	Падп.	Дата	Монтажне креслення		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Ильчєв Али Оєли			вібратора				1:2
Пров.	Сладкий АВ					Лист	Листов	1
Т.контр.						ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21М		
Н.контр.	Сладкий АВ					Копировал		
Утв.	Полещук ЛК					Формат А2		



$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



1. Неуказанные радиусы 4 мм.
2. Неуказанные предельные отклонения H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

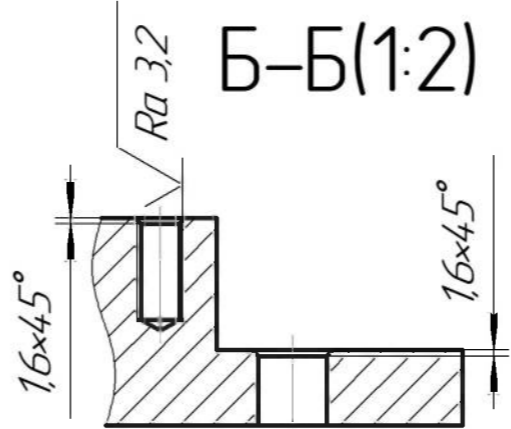
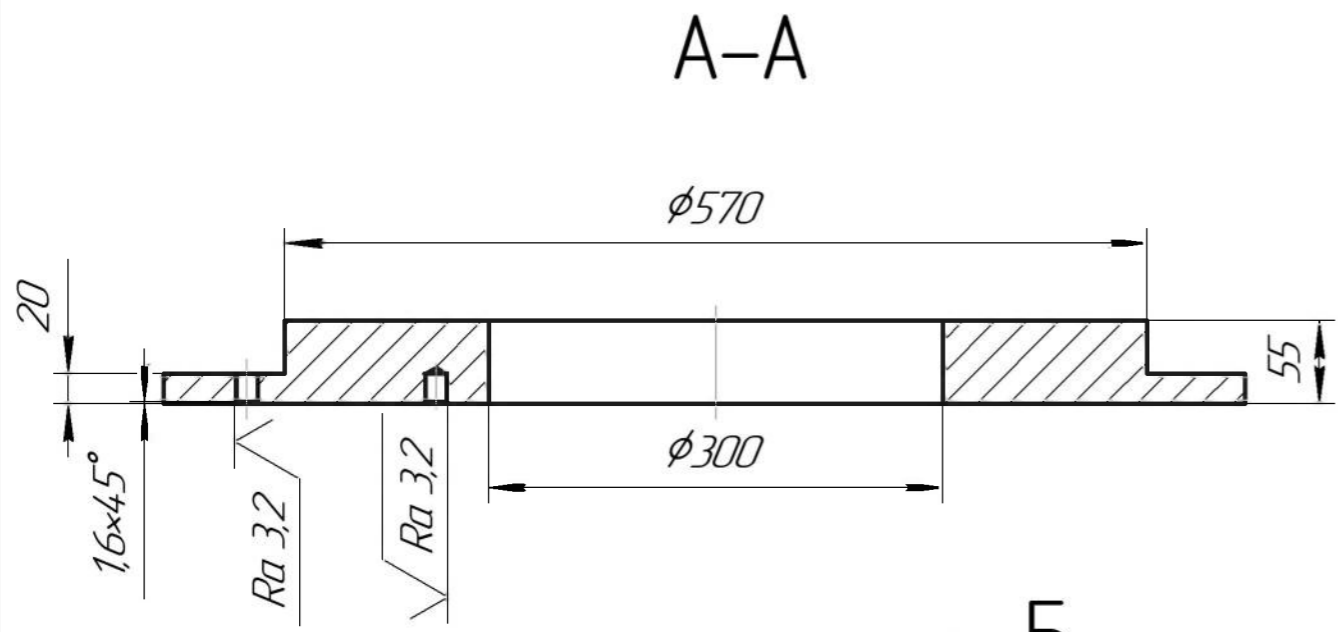
Перв. примен.
Справ. №

Подп. и дата
Изм. №
Взам. инв. №
Инд. №
Инд. № подл.

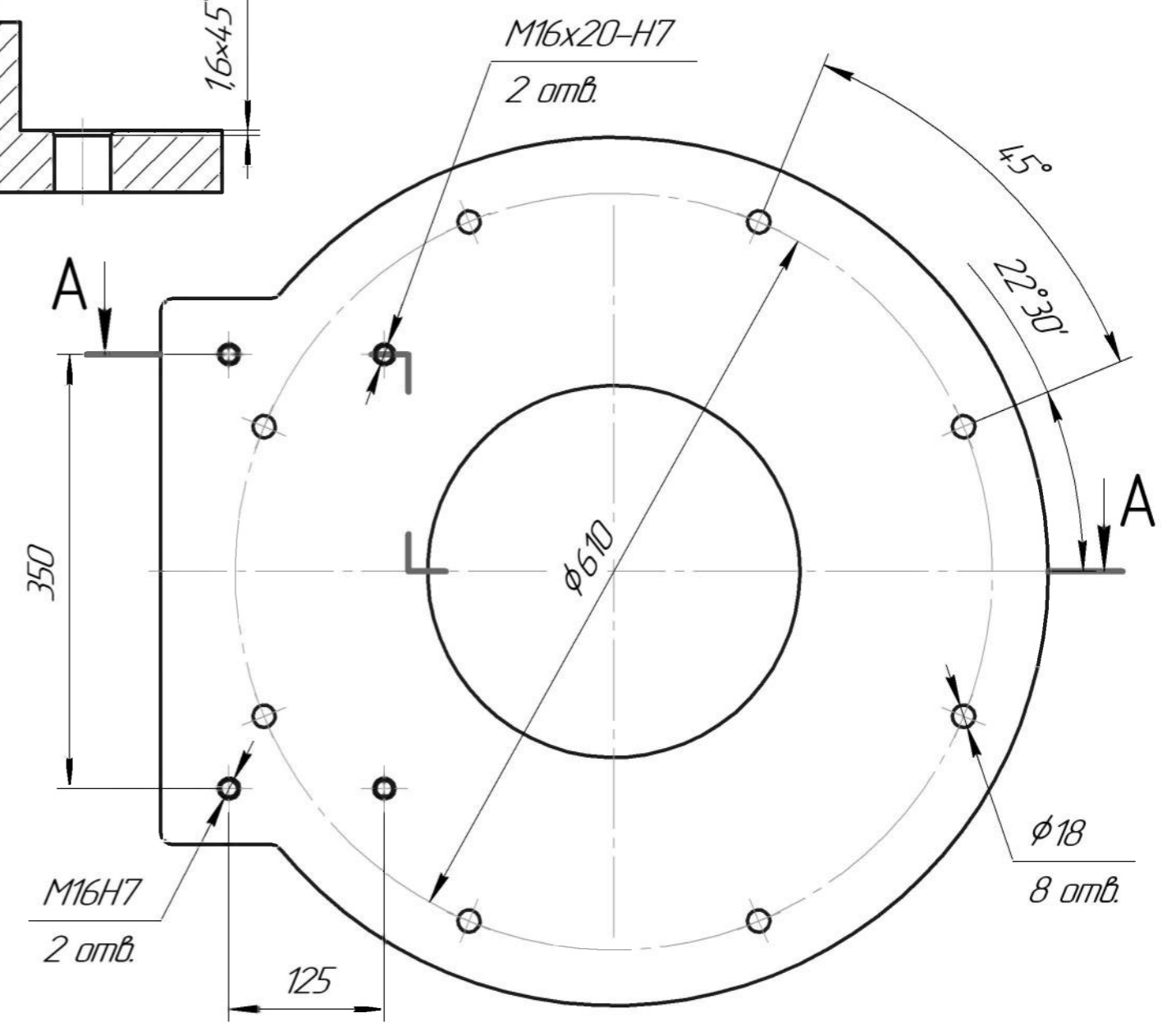
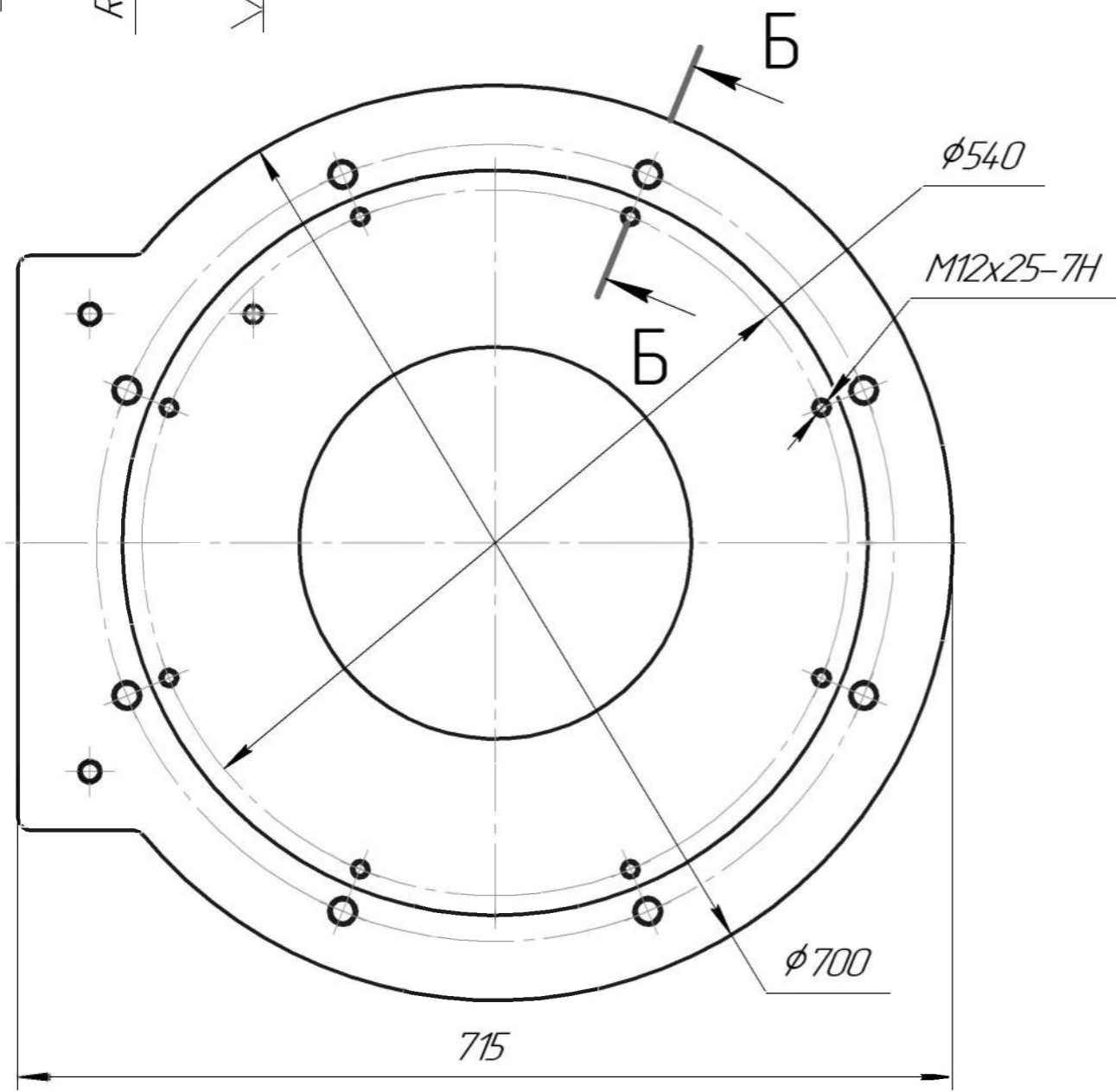
					08-27.МКР.03.05.00.006		
					Диск		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Иолчев Али Озгу					1:2
Пров.		Сладкий А.В.			Лист	Листов	1
Т.контр.					180 ГОСТ 2590-2006		
И.контр.		Сладкий А.В.			Круж СтЗсп ГОСТ 535-2005		
Утв.		Полещук Л.К.			ВНТУ, 1ГМ-21М		
					Копировал		
					Формат А3		

08-27.МКР.03.05.00.002

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Взам. инв. №  
Инв. № дубл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

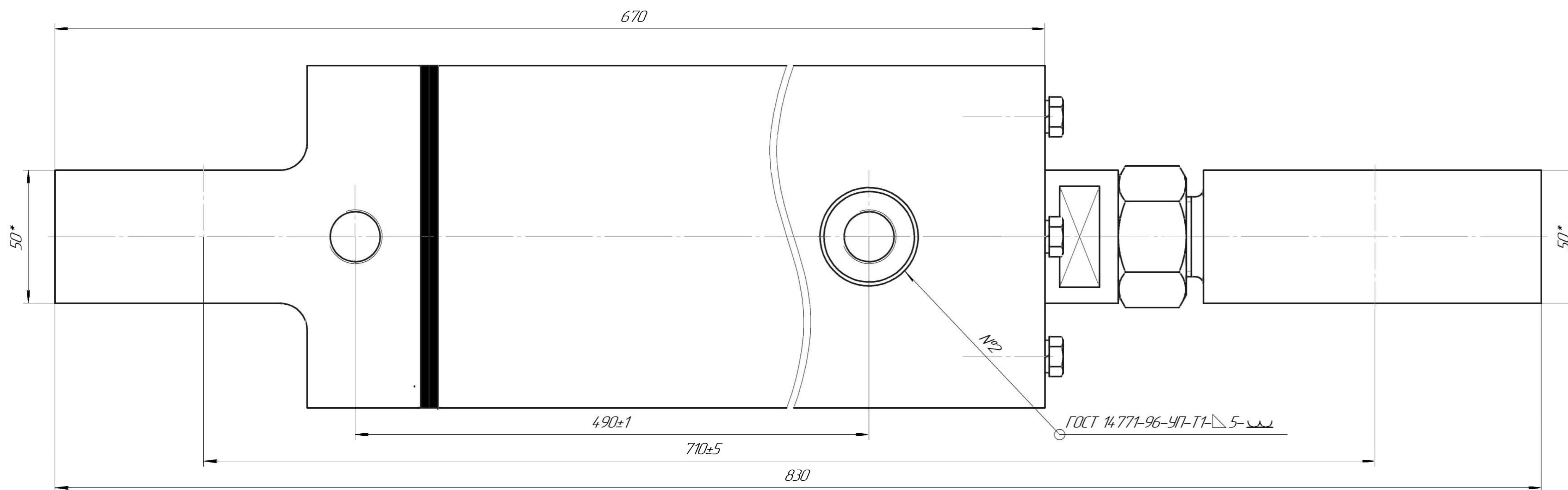
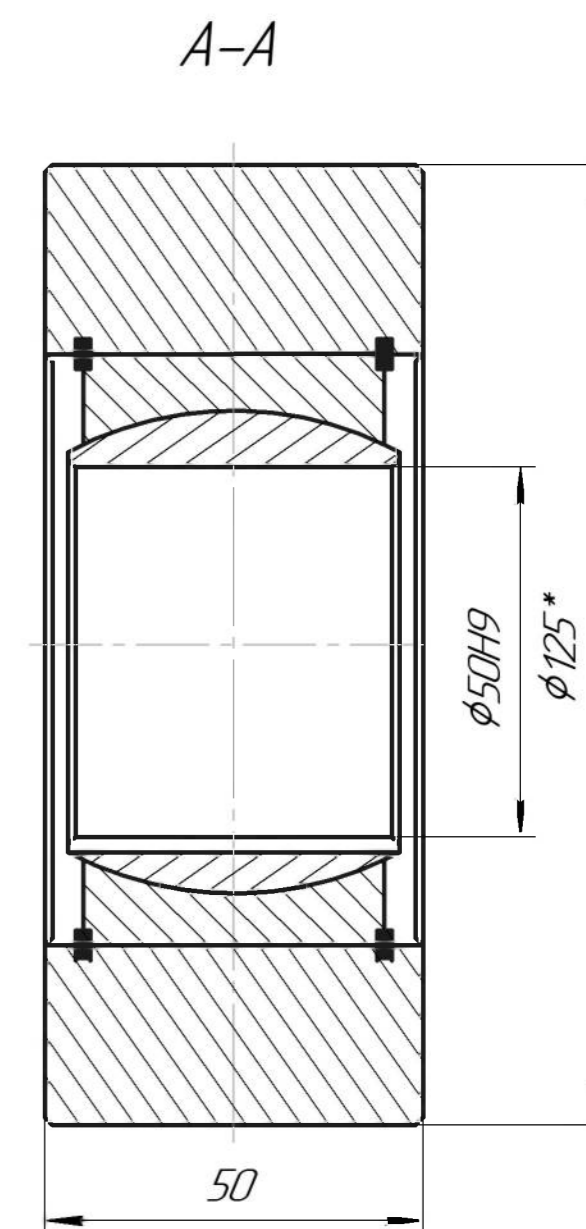
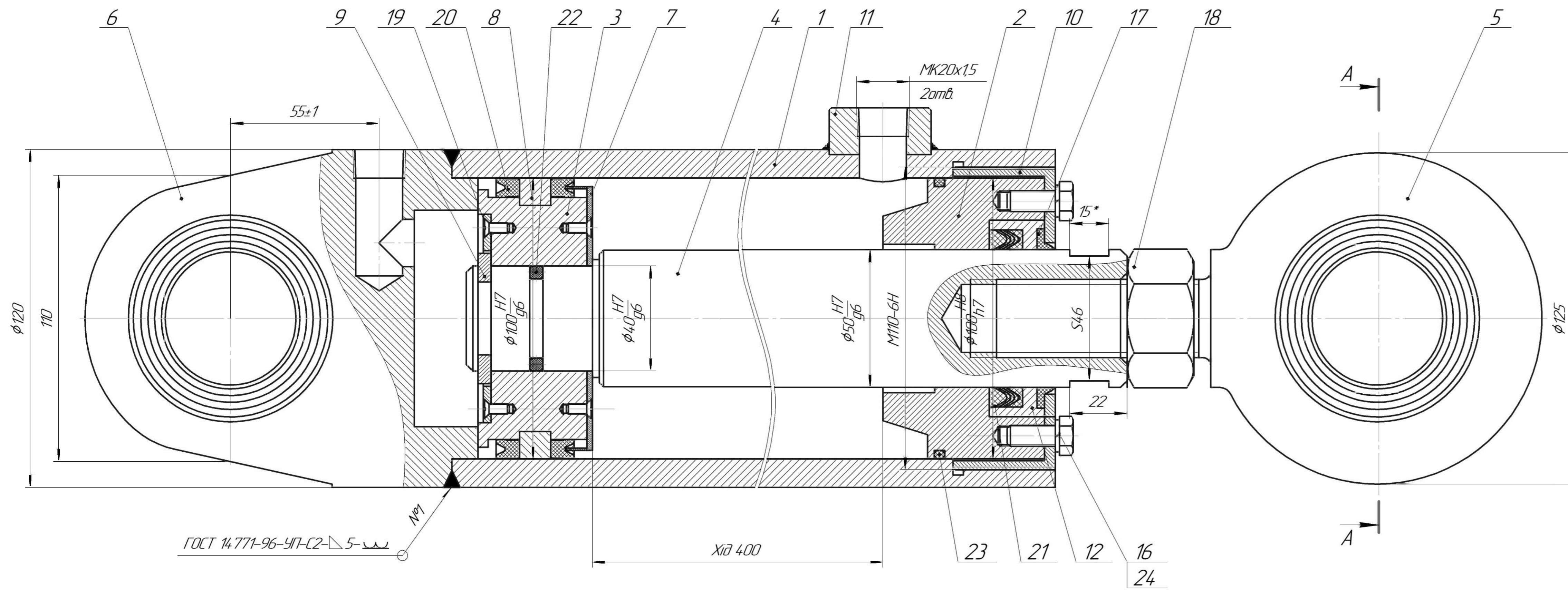


$\sqrt{Ra 12,5 (\checkmark)}$



1 Не вказані граничні відхилення H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

				08-27.МКР.03.05.00.002				
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	<b>Опора сильфона</b>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Мороз А.В.					у	95	1:5
Проб.	Сладкий А.В.					Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.	Сладкий А.В.				Лист	55x1400x3000 ГОСТ 19903-74		<b>ВНТУ, 1ГМ-21М</b>
Утв.	Полещук Л.К.					СтЗсп ГОСТ 14637-89		
					Копировал		Формат А3	



Технічні характеристики

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Технологічне навантаження                 | $P=19$ кН                   |
| 2. Робочий тиск                              | $p=3,5$ МПа                 |
| 3. Тиск холостого ходу                       | 0,6 МПа                     |
| 4. Допустима швидкість переміщення поршня до | 0,5 м/с                     |
| 5. Робоча рідина                             | АМГ-10                      |
| 6. Робоча температура                        | $-60...+55^{\circ}\text{C}$ |

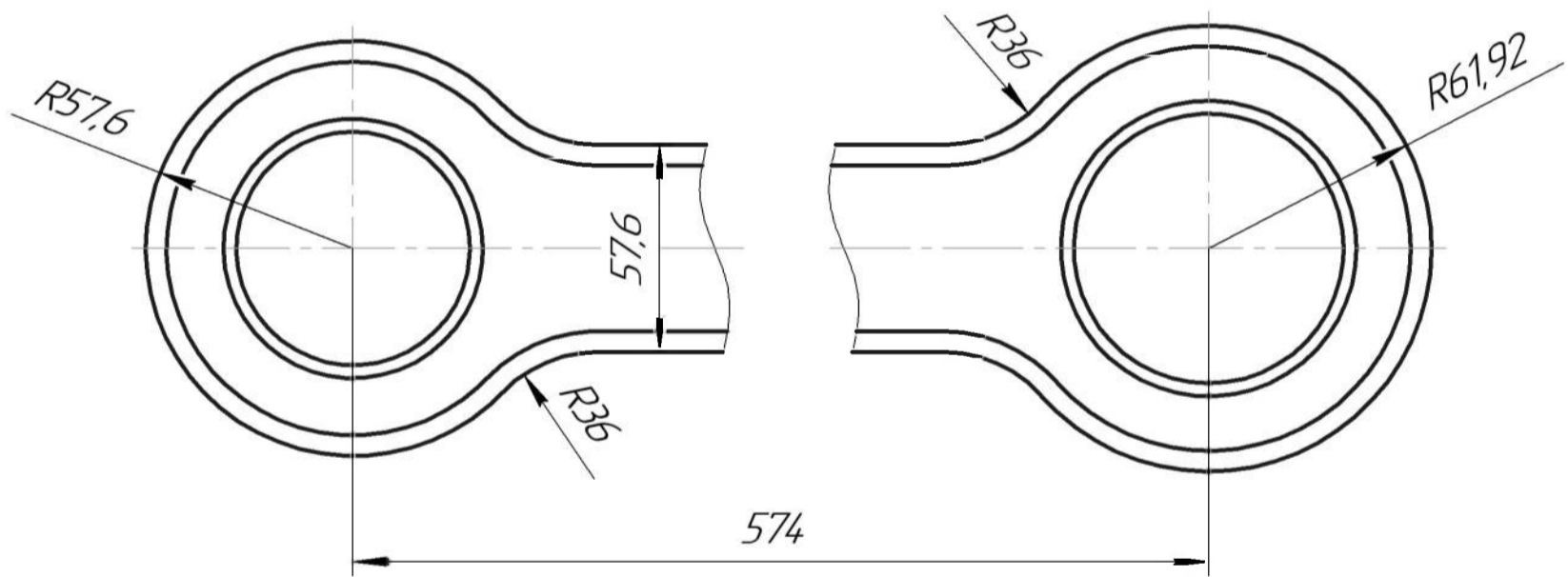
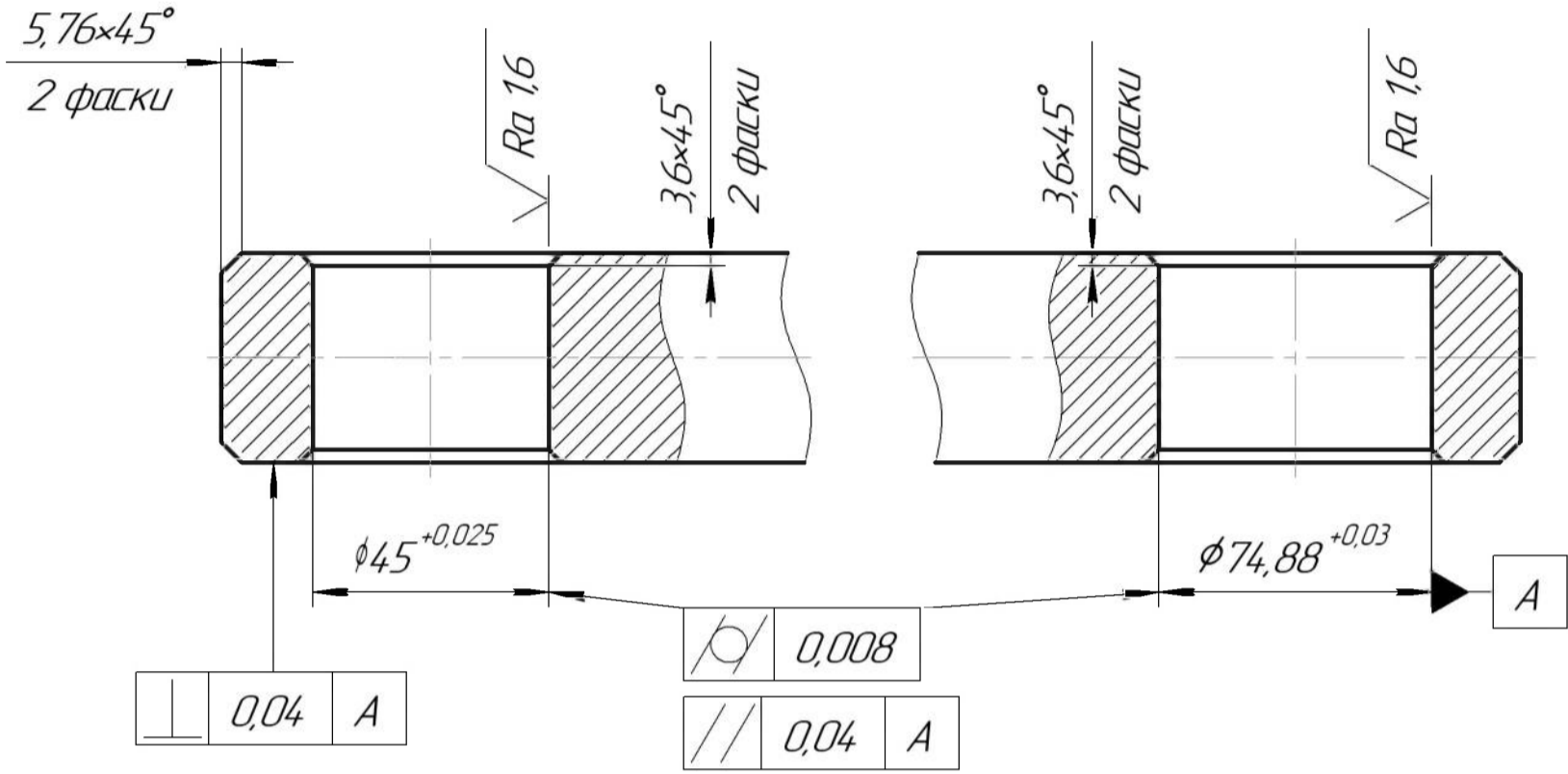
Технічні вимоги

1. Деталі гідроциліндра перед складанням очистити від забруднення, слідів корозії, промити стисненим повітрям. Металеві деталі протирати уайт-спіритом по ГОСТ 3134-2008.
2. Циліндр випробовувати при тиску  $3,5 P_{ном.}$ , витік масла не допускається.
3. При транспортуванні залити мастило АМГ-10 ГОСТ 6794-2005, вхідні отвори заглищити технологічними заглищками.

08-27.МКР.03.04.030.000 СК				Лист	Масштаб
Гідроциліндр				11	
Складальне креслення				Лист	Листов 1
Вправа	Лист	№ вказ.	Лист	Дата	
Розроб	Слободкин А.В.				
Проб	Слободкин А.В.				
Т.контр.					
Н.контр.	Слободкин А.В.				
Знак	Полещук Л.К.				

√ Ra 6,3 (√)

08-27.МКР.03.05.03.001



Перв. примен.	Справ. №
---------------	----------

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № д/д/л	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Иванов Мирод Анд Олеу		
Пров.		Сладкий А.В.		
Т.контр.				
И.контр.		Сладкий А.В.		
Утв.		Полещук Л.К.		

08-27.МКР.03.05.03.001			
Шатуш	Лист	Масса	Масштаб
	4	8,38	1:2
40x90 ГОСТ 103-2006		Лист 1	
Полоса Ст3сп ГОСТ 535-2005		Листов 1	
ВНТУ, 1ГМ-21М			

Копировал

Формат А3

Додаток В

**СПЕЦИФІКАЦІЇ**

**РОЗРОБКА ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МЕХАНІЧНИМ  
ГЕНЕРАТОРОМ КОЛИВАНЬ**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A4			08-27.МКР.03.04.00.000ПЗ	Пояснювальна записка		
A1			08-27.МКР.03.04.00.000СК	Складальне креслення		
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	08-27.МКР.03.04.01.000СК	Кришка	1	
A1		2	08-27.МКР.03.04.02.000СК	Чаша	1	
		3	08-27.МКР.03.04.03.000СК	Ротор	1	
		4	08-27.МКР.03.04.04.000СК	Огорожа	1	
<i>Детали</i>						
		5	08-27.МКР.03.04.00.001	Амортизатор	1	
		6	08-27.МКР.03.04.00.002	Втулка	2	
		7	08-27.МКР.03.04.00.003	Планка	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		8		Болт М8 x 16 ГОСТ 7798-70	1	
		9		Болт М12 x 28 ГОСТ 7798-70	2	
		10		Болт М14 x 55 ГОСТ 7798-70	8	
		11		Болт М14 x 75 ГОСТ 7798-70	8	
		12		Болт М16 x 50 ГОСТ 7798-70	12	
		13		Гайка М12 ГОСТ 5915-70	2	
		14		Гайка М14 ГОСТ 5915-70	16	
<b>08-27.МКР.03.00.004</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Ибрагим Мурад Али Оели			Лит.	Лист
Пров.		Сладкий А.В.			У	1
Консульт.						Листов
Н.контр.		Сладкий А.В.			2	
Утв.		Поліщук Л.К.			ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21М	



Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		15		Гайка М16 ГОСТ 5915-70	12	
		16		Муфта 2-2500-60-60-1У2 ГОСТ Р 50895-96	1	
		17		Шайба 8 Н ГОСТ 6402-70	1	
		18		Шайба 12 Н ГОСТ 6402-70	2	
		19		Шайба 14 Н ГОСТ 6402-70	16	
		20		Шайба 16 Н ГОСТ 6402-70	12	
		21		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	1	
		22		Шайба 12 ГОСТ 11371-78	2	
		23		Шайба 14 ГОСТ 11371-78	16	
		24		Шайба 16 ГОСТ 11371-78	20	
		25		Шайба 12,65Г ГОСТ 11648-75	1	
		26		Шпонка 3-18 x 11 x 50 ГОСТ 23360-78	1	
		27		Шпонка 3-18 x 11 x 70 ГОСТ 23360-78	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
		28		Двигун асинхроний АМЧ250М6 У2	1	
		29		Редуктор РП-2-40-У2	1	
		30		Гідроциліндр $\phi 120 \times 500$	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № діляк
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08-27.МКР.03.00.004

Лист  
2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			08-27.МКР.03.05.00.000СК	Складальне креслення		
<i>Сборочные единицы</i>						
A1	1		08-27.МКР.03.05.01.000СК	Сильфон	1	
A1	2		08-27.МКР.03.05.02.000СК	Кривошип	1	
	3		08-27.МКР.03.05.03.000СК	Шатун	1	
<i>Детали</i>						
	4		08-27.МКР.03.05.00.001	Фланець верхній	1	
	5		08-27.МКР.03.05.00.002	Опора сильфона	1	
	6		08-27.МКР.03.05.00.003	Вісь	1	
	7		08-27.МКР.03.05.00.004	Вкладиш	1	
	8		08-27.МКР.03.05.00.005	Втулка опорна	1	
	9		08-27.МКР.03.05.00.006	Шайба	8	
	2		08-27.МКР.03.05.00.007	Контр-шайба	8	
	3		08-27.МКР.03.05.00.008	Вкладиш гумовий	4	
	12		08-27.МКР.03.05.00.009	Втулка	6	
<i>Стандартные изделия</i>						
Болт ГОСТ 7805-70						
	13			M6-6gx12.58	8	
	14			M8-6gx22.58	8	
	15			M12-6gx50.58	8	
08-27.МКР.03.05.00.000СК						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Ильчєв Мирод Али Олеу				Лит.	Лист
Пров.	Сладкий А.В.					1
Н.контр.	Сладкий А.В.					2
Утв.	Поліщук Л.К.				ВНТУ, 1ГМ-21М	







Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				<u>Стандартні вироби</u>		
		23		Болт М8х1-6дх20.58.019 ГОСТ 7805-90	4	
		24		Гайка М30х2-6Н 5 019 ГОСТ 5915-90	1	
		25		Гвинт М4-6дх10.58.019 ГОСТ 17473-80	4	
		26		Гвинт М4-6дх10.58.019 ГОСТ 17475-80	4	
		27		Шайба 8 65Г 019 ГОСТ 6402-70	4	
				<u>Матеріали</u>		
				Дріт 1,0 СВ-08Г2С ГОСТ 2246-90	0,1	к2
				Масило АМГ-10 ГОСТ 6794-2005		к2

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дѣл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08-27.МКР.03.04.030.000

Лист  
2

Додаток Г

**ПОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)  
РОБОТИ**

**РОЗРОБКА ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МЕХАНІЧНИМ  
ГЕНЕРАТОРОМ КОЛИВАНЬ**

## ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Розробка вібраційного змішувача з механічним генератором коливань»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ, ІГМ-21м  
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Слабкий А. В., доцент кафедри ГМ  
(прізвище, ініціали, посада)


### Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	86,9%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	13,1%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ✓ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення с недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

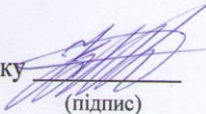
Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор   
(підпис)

Йолчієв М.А.  
(прізвище, ініціали)

### Опис прийнятого рішення

Ознак академічного плагіату не виявлено

Особа, відповідальна за перевірку  Шенфельд В. Й.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Експерт \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)