

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА
Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему «Комплект обладнання для виробництва будівельної суміші з
синтетичною фіброю»

Виконав: здобувач вищої освіти
3(приск) курсу, групи _ГМ 2023-1у_
напряму підготовки (спеціальності)

133 – Галузеве машинобудування

Худяков Євгеній Олександрович 
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н. доц. Цегельник Є.В.

(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Рецензент к.т.н. доц. Аніщенко А.І.

(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Харків – 2026

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури**

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Галузі знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри АКІТ

 **БАРАНОВ О. О.**

« 19 » червень 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Худякова Євгенія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

1. Тема роботи Комплект обладнання для виробництва будівельної суміші з синтетичною фіброю

затверджені наказом університету від « 22 » травня 2026 року № 440-03

Керівник роботи к.т.н. доц. Цегельник Є.В.

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

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи « 24 » червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи. Технологічні та конструктивні параметри обладнання для приготування фібробетонних сумішей із використанням синтетичної фібри, характеристики бетонних сумішей

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз сучасних технологій і технологічних ліній виробництва фібробетонних сумішей із синтетичною фіброю, обґрунтування конструкції технологічного комплексу обладнання, дослідження принципу роботи його основних вузлів, виконання розрахунків продуктивності та параметрів обладнання.

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

технологічна лінія, загальний вигляд комплекту, різчика фібри, складові креслення (вузол нарізки), деталі (вал, ріжучий диск)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз проблеми	Цегельник Є.В.		
Основна частина	Цегельник Є.В.		
Спеціальна частина	Цегельник Є.В.		
Охорона праці	Рогозін А.С		

7. Дата видачі завдання « 23 » _____ травня _____ 2026 р.

Керівник _____ к.т.н., доц. Цегельник Є.В. _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Худяков Є.О. _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів	Примітка
1	Аналіз проблеми	01.06.2026	виконано
2	Основна частина	03.06.2026	виконано
3	Спеціальна частина	10.06.2026	виконано
4	Охорона праці	03.06.2026	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Худяков Є.О. _____

(підпис)

Керівник _____ к.т.н., доц. Цегельник Є.В. _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

У роботі розглянуто технологічний процес приготування фібробетонних сумішей із використанням синтетичної фібри. Проведено аналіз існуючих технологічних ліній та обладнання для виробництва фібробетону. Запропоновано технологічний комплект обладнання, до складу якого входять стрічковий живильник, автомат-різчик синтетичної фібри, тривальний бетонозмішувач та двопоршневий бетононасос з тарілчастими клапанами. Наведено опис конструкції, принципу роботи, особливостей експлуатації та технічного обслуговування обладнання.

Структура роботи представлена вступом, чотирма розділами, висновками і переліком посилань.

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань. Повний обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра становить 77 сторінок, в тому числі: 21 рисунків; 8 таблиці; перелік посилань з 17 найменувань на 2 сторінках.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФІБРОБЕТОН, СИНТЕТИЧНА ФІБРА, БЕТОНОЗМІШУВАЧ, БЕТОНОНАСОС, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ, ДОЗУВАННЯ, ПЕРЕМІШУВАННЯ, ОБЛАДНАННЯ.

ABSTRACT

The paper considers the technological process of preparing fiber-reinforced concrete mixtures using synthetic fiber. An analysis of existing technological lines and equipment for the production of fiber-reinforced concrete is carried out. A technological set of equipment is proposed, which includes a belt feeder, an automatic synthetic fiber cutter, a continuous concrete mixer and a double-piston concrete pump with disc valves. A description of the design, principle of operation, features of operation and maintenance of the equipment is given.

The structure of the paper is presented by an introduction, four sections, conclusions and a list of references.

The bachelor's final qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions and a list of references. The full volume of the bachelor's final qualification work is 77 pages, including: 21 figures; 8 tables; a list of references from 17 items on 2 pages.

KEYWORDS: FIBER-REINFORCED CONCRETE, SYNTHETIC FIBER, CONCRETE MIXER, CONCRETE PUMP, TECHNOLOGICAL LINE, CONSTRUCTION MIXTURES, DOSING, MIXING, EQUIPMENT.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

У сучасному будівництві все більшого поширення набувають будівельні суміші, армовані синтетичною фіброю, які забезпечують підвищення міцності, тріщиностійкості, довговічності та зносостійкості виробів і конструкцій. Використання синтетичних волокон дозволяє покращити фізико-механічні властивості бетонних сумішей, зменшити ризик утворення усадкових тріщин та підвищити експлуатаційну надійність будівельних матеріалів. У зв'язку з цим особливо актуальним є вдосконалення технологічного обладнання для приготування, транспортування та рівномірного введення синтетичної фібри до складу суміші. Розроблення комплекту обладнання для виробництва будівельної суміші з синтетичною фіброю сприятиме підвищенню ефективності виробництва, якості готової продукції та рівня автоматизації технологічних процесів.

Мета дослідження – розроблення та аналіз комплекту обладнання для виробництва будівельної суміші з синтетичною фіброю, що забезпечує ефективне транспортування, дозування, перемішування компонентів і отримання однорідної суміші високої якості.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- проаналізувати сучасні технології виробництва фібробетонних сумішей із використанням синтетичної фібри;
- дослідити конструкції та принцип роботи обладнання для транспортування, дозування, змішування й подачі бетонних сумішей;
- визначити основні властивості компонентів фібробетонної суміші та особливості введення синтетичної фібри;
- виконати аналіз існуючих технологічних ліній виробництва фібробетону;
- обґрунтувати вибір технологічної схеми приготування фібробетонної суміші;
- розробити конструкцію технологічного комплекту обладнання, до складу якого входять стрічковий живильник, автомат-різчик поліпропіленової фібри, тривальний бетонозмішувач та двопоршневий бетононасос;
- виконати інженерні та конструктивні розрахунки основних вузлів обладнання;
- розглянути питання експлуатації, технічного обслуговування та ремонту обладнання;

– оцінити ефективність використання запропонованого технологічного комплексу.

Об’єкт дослідження – технологічний процес виробництва будівельної суміші з синтетичною фіброю.

Предмет дослідження – конструкції, параметри та режими роботи обладнання для транспортування, дозування та змішування компонентів будівельної суміші із синтетичною фіброю.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновані технічні рішення та конструкція комплексу обладнання можуть бути використані на підприємствах будівельної індустрії для підвищення ефективності виробництва фіброармованих будівельних сумішей. Використання розробленого обладнання дозволить покращити якість перемішування компонентів, забезпечити рівномірний розподіл синтетичної фібри у суміші, знизити енерговитрати та підвищити продуктивність технологічного процесу.

ЗМІСТ

	Стр
ВСТУП.....	6
ЗМІСТ.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ.....	9
1.1 Огляд літературних джерел.....	9
1.2 Фіброволокно, властивості та характеристика.....	11
1.3 Аналіз фізико-механічних властивостей синтетичної фібри....	12
1.4 Застосування фібробетону.....	14
1.5 Аналіз існуючих технологічних ліній.....	17
1.6 Характеристика технологічного процесу. Розробка технологічної схеми та її опис.....	22
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	25
2.1 Огляд інформації за проблемою та постановка задачі дослідження.....	25
2.2 Комплект обладнання.....	28
2.3 Розрахунок основних показників обладнання.....	35
РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	46
3.1 Структура ремонтного циклу.....	46
3.2 Особливості експлуатації машини та її основних вузлів.....	48
3.3 Відновлення валу.....	52
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	66
4.1 Виробнича санітарія.....	66
4.2 Заходи безпеки.....	70
4.3 Пожежна безпека.....	73
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	76

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ

1.1 Огляд літературних джерел

Фібробетон – це різновид цементного бетону, у структурі якого рівномірно розподілені фіброволокна, що виконують функцію армувального матеріалу. Використання фібри забезпечує підвищення тріщиностійкості бетону, його міцності на розтяг, ударної в'язкості, а також опору стиранню та динамічним навантаженням.

На основі аналізу розвитку бетонних і залізобетонних конструкцій встановлено, що фібробетон належить до перспективних будівельних матеріалів ХХІ століття. Активний розвиток досліджень у сфері створення фібробетонів і методів розрахунку конструкцій із них розпочався з 60-х років ХХ століття.

Економічна ефективність застосування фібробетону, навіть за незначного збільшення його вартості порівняно зі звичайним бетоном, досягається завдяки зменшенню або повній відмові від використання стержневої та дрітної арматури. Крім того, важливими перевагами є підвищена довговічність, експлуатаційна надійність, збільшення міжремонтного ресурсу та покращення безпеки будівель і споруд при дії сейсмічних навантажень і високих температур під час пожеж.

Найбільш поширеними видами фібри, що застосовуються у виробництві фібробетонів, є: сталева, поліпропіленова, базальтова, скловолоконна, поліамідна, вуглецева (рис.1.1).

Аналіз існуючих технологічних схем та обладнання для приготування фібробетонних сумішей із можливістю їх подальшого транспортування до місця укладання показує наявність низки недоліків. До основних із них належать:

- висока енергоємність і трудомісткість процесу;
- відсутність стабільних умов для подачі та рівномірного розподілу фіброволокон у всьому об'ємі бетонної суміші;
- необхідність застосування додаткового обладнання для подачі попередньо нарізаної фібри з контейнерів у бетонозмішувач;
- збільшення тривалості технологічного циклу та додаткові витрати часу на введення армувальних волокон у суміш.

Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується активним впровадженням композиційних будівельних матеріалів із покращеними фізико-механічними властивостями. Одним із перспективних напрямів є використання будівельних сумішей, армованих синтетичною фіброю. Такі суміші

забезпечують підвищення тріщиностійкості, ударної міцності, морозостійкості та довговічності бетонних і розчинних матеріалів [1–3].



Рисунок 1.1 – Фіброві волокна

Фіброармування полягає у введенні до складу бетонної або розчинної суміші дисперсних волокон, які рівномірно розподіляються в об’ємі матеріалу та виконують функцію мікроармування. Найбільшого поширення набули поліпропіленові, поліетиленові, базальтові та поліефірні волокна.

Основними перевагами застосування синтетичної фібри є:

- зменшення утворення усадкових тріщин;
- підвищення ударної в’язкості матеріалу;
- покращення водонепроникності;
- підвищення стійкості до стирання;
- збільшення довговічності будівельних конструкцій.

Технологія виробництва фіброармованих будівельних сумішей вимагає забезпечення рівномірного розподілу волокон у всьому об’ємі суміші. Недостатнє перемішування або неправильне дозування можуть призводити до утворення грудкування фібри та погіршення характеристик готового матеріалу [4, 5].

1.2 Фіброволокно, властивості та характеристика

Для дисперсного армування бетонних сумішей застосовують різні види фіброволокон, які відрізняються матеріалом виготовлення, фізико-механічними властивостями та сферою застосування [6].

Вуглецева фібра. Вуглецева фібра використовується для підвищення міцності та тріщиностійкості бетонних конструкцій. Волокна виготовляють із вуглецевих матеріалів шляхом термічної обробки. Така фібра характеризується високою міцністю, пружністю та стійкістю до впливу агресивних середовищ, кислот, лугів і корозії. Крім того, матеріал зберігає свої властивості при значних перепадах температур.

Основним недоліком вуглецевої фібри є її висока вартість, що обмежує широке застосування у масовому будівництві.

Скляна фібра. Скляну фібру виготовляють шляхом витягування розплавленого неорганічного скла через спеціальні фільтри. Властивості волокон залежать від хімічного складу сировини та технології виробництва. Важливими параметрами є довжина, діаметр і форма волокон.

Скляна фібра забезпечує високу пластичність та зменшує ризик утворення тріщин, однак має обмежену стійкість до дії лужного середовища цементного каменю, що необхідно враховувати при її використанні.

Базальтова фібра. Базальтові волокна виготовляють із розплаву природного вулканічного мінералу – базальту. Використання такої фібри дозволяє суттєво підвищити міцність цементно-піщаних композицій, а також покращити їхню стійкість до механічних пошкоджень, дії агресивних речовин і високих температур.

Базальтова фібра додатково забезпечує тепло- та звукоізоляційні властивості конструкцій. Її застосовують при виготовленні дорожніх плит, монолітних конструкцій, гідротехнічних споруд, фундаментів та інших відповідальних елементів будівель.

Сталева фібра. Сталева фібра може мати пряму, хвилясту або анкерну форму. Волокна виготовляють із дроту або методом різання металевих стрічок. Таке армування значно підвищує міцність, ударостійкість і зносостійкість бетону.

Недоліками сталеві фібри є:

- схильність до корозії;
- збільшення маси бетонної суміші;
- складність рівномірного розподілу в суміші.

У багатьох випадках сталеві волокна використовують разом із традиційною арматурою у вигляді сіток або стержнів.

Полімерна (поліолефінова) фібра. Поліолефінові та поліпропіленові волокна отримують шляхом нарізання полімерної плівки або екструзії синтетичних матеріалів. Під час перемішування у бетонній суміші волокна

формують просторову тривимірну структуру, яка забезпечує дисперсне армування бетону.

Синтетична фібра підвищує:

- тріщиностійкість;
- морозостійкість;
- ударну міцність;
- стійкість до агресивного середовища;
- довговічність бетонних конструкцій.

Однією з переваг полімерної фібри є її мала густина та відсутність корозії. Крім того, вона практично не впливає на масу бетонної суміші та покращує технологічні властивості бетону.

Сучасні виробники випускають поліпропіленову фібру різних типів залежно від призначення:

- макроволокна для дорожніх покриттів і промислових підлог;
- конструкційну фібру для фундаментів, тунелів і мостових споруд;
- мікроволокна для будівельних сумішей, стяжок і штукатурних розчинів.

Порівняльна характеристика синтетичних фіброволокон

Основні характеристики полімерної фібри включають:

- густину близько $0,91 \text{ г/см}^3$;
- довжину волокон від 2 до 55 мм;
- міцність на розрив $400\text{--}600 \text{ МПа}$;
- високу хімічну стійкість;
- температуру плавлення близько $160 \text{ }^\circ\text{C}$;
- нульове водопоглинання.

Залежно від довжини та діаметра волокон синтетична фібра може використовуватися як для мікроармування, так і для конструкційного армування бетонів.

Застосування полімерних фіброволокон дозволяє значно покращити фізико-механічні властивості бетонних сумішей при порівняно невеликих економічних витратах. Саме тому синтетична фібра широко використовується у сучасному будівництві при виготовленні промислових підлог, дорожніх покриттів, монолітних конструкцій та інших будівельних елементів.

1.3 Аналіз фізико-механічних властивостей синтетичної фібри

Синтетична фібра широко використовується у виробництві бетонних і будівельних сумішей як дисперсна армувальна добавка, що дозволяє підвищити

міцність, тріщиностійкість та довговічність матеріалу. Найбільш поширеними є поліпропіленова, поліетиленова, поліефірна та базальтова фібра.

Основною функцією синтетичних волокон є просторове мікроармування бетонної матриці, що забезпечує рівномірний розподіл внутрішніх напружень у процесі твердіння та експлуатації конструкцій.

Види синтетичної фібри

Залежно від матеріалу виготовлення розрізняють такі основні види фібри:

- поліпропіленова;
- поліетиленова;
- поліефірна;
- базальтова;
- скловолоконна.

Найбільшого поширення у будівельній галузі набула поліпропіленова фібра завдяки невеликій густині, високій хімічній стійкості та порівняно низькій вартості.

Довжина та геометричні параметри волокон

Довжина волокон істотно впливає на ефективність армування суміші. Для будівельних розчинів і дрібнозернистих бетонів зазвичай використовують волокна довжиною 6–12 мм, а для важких бетонів – 18–40 мм.

Основні параметри фібри:

- довжина волокон – 6...40 мм;
- діаметр волокон – 10...50 мкм;
- співвідношення довжини до діаметра – 300...1500.

Зі збільшенням довжини волокон підвищується ефективність армування, однак погіршується рівномірність перемішування та зростає ймовірність утворення грудок.

Таблиця 1.1 – Основні фізико-механічні характеристики фібри

Вид фібри	Густина, кг/м ³	Міцність на розтяг, МПа	Температура плавлення, °C
Поліпропіленова	900–920	350–700	160–170
Поліетиленова	930–960	200–500	120–130
Поліефірна	1300–1400	600–900	250–260
Базальтова	2600–2800	1500–3000	понад 1000

Міцність і густина синтетичної фібри

Синтетичні волокна характеризуються високою міцністю при розтягу та малою густиною, що позитивно впливає на масу будівельної суміші.

Поліпропіленова фібра характеризується високою стійкістю до корозії та дії агресивних середовищ, тому широко використовується у дорожньому та промисловому будівництві.

Вплив синтетичної фібри на властивості бетону

Введення фібри до складу бетонної суміші дозволяє:

- зменшити усадкові деформації;
- підвищити тріщиностійкість;
- збільшити ударну в'язкість;
- покращити морозостійкість;
- підвищити водонепроникність;
- зменшити ризик розшарування бетонної суміші.

Синтетичні волокна перешкоджають розвитку мікротріщин у цементному камені та забезпечують рівномірний розподіл внутрішніх напружень.

Разом із перевагами використання фібри існують і певні технологічні труднощі:

- складність рівномірного дозування;
 - підвищені вимоги до якості перемішування;
 - можливість утворення клубків волокон;
 - підвищення енерговитрат змішувального обладнання.

Для усунення зазначених недоліків необхідно використовувати ефективні змішувачі примусової дії та автоматизовані системи дозування компонентів.

1.4 Застосування фібробетону

Фібробетон набув широкого застосування у сучасному будівництві завдяки підвищеним показникам міцності, тріщиностійкості та довговічності. Використання дисперсного армування фіброволокнами дозволяє покращити експлуатаційні характеристики бетонних конструкцій, зменшити ризик утворення усадкових тріщин і підвищити стійкість матеріалу до механічних навантажень. Особливо ефективним є застосування поліпропіленової фібри, яка забезпечує рівномірне мікроармування бетонної суміші та підвищує її експлуатаційну надійність [7, 8].

Застосування фібробетонних підлог

Фіброармовані бетонні підлоги широко використовуються у різних галузях будівництва завдяки високій зносостійкості, стійкості до ударних навантажень та тривалому терміну експлуатації. Найбільш поширеними сферами використання є:

- багатоповерхове житлове будівництво;
- автомобільні паркінги та стоянки;
- складські комплекси;
- авіаційні ангари та вантажні термінали;
- виробничі приміщення;
- торговельно-офісні центри.

Застосування поліпропіленової фібри у промислових підлогах дозволяє знизити утворення усадкових тріщин, підвищити міцність покриття та покращити його стійкість до стирання. Крім того, фіброармування забезпечує більш рівномірний розподіл внутрішніх напружень у бетоні та підвищує довговічність підлогових конструкцій [7, 8].

Використання фібри у монолітних конструкціях

Поліпропіленову фібру широко застосовують у монолітних фундаментах, плитах перекриття та інших бетонних конструкціях. Додавання фіброволокон до складу бетонної суміші забезпечує:

- підвищення міцності та несучої здатності конструкцій;
- збільшення стійкості до тріщиноутворення;
- зниження усадкових деформацій;
- підвищення довговічності бетонних елементів.

Рівномірний розподіл волокон у всьому об'ємі бетону сприяє формуванню просторового армування, що позитивно впливає на експлуатаційні характеристики монолітних конструкцій.

Використання фібри у дорожньому будівництві

Одним із перспективних напрямів є застосування фібри для дисперсного армування дорожніх покриттів. У процесі експлуатації автомобільні дороги піддаються значним динамічним навантаженням, впливу атмосферних факторів та температурних коливань. Це призводить до утворення тріщин, руйнування поверхні та скорочення терміну служби покриття.

Використання фіброволокон у дорожньому бетоні дозволяє:

- підвищити тріщиностійкість покриття;
- покращити опір стиранню;
- знизити ризик руйнування поверхні;
- збільшити термін експлуатації дорожнього полотна.

Завдяки дисперсному армуванню бетон набуває більшої стійкості до механічних навантажень і впливу зовнішнього середовища.

Застосування фібри у торкрет-бетоні

Фібра активно використовується у технології торкретування бетонних сумішей. Торкрет-бетон застосовують для:

- зміцнення тунелів і шахт;
- реконструкції та ремонту будівель;
- гідротехнічних споруд;
- мостового будівництва;
- ремонту дорожніх покриттів;
- будівництва підземних паркінгів;
- укріплення схилів і берегових зон.

Використання фіброволокон у торкрет-бетоні дозволяє підвищити адгезію, ударну міцність та тріщиностійкість матеріалу. При цьому важливим є забезпечення рівномірного розподілу волокон у суміші та правильне налаштування обладнання для нанесення бетонної маси.



Рисунок 1.2 – Використання фібробетонної суміші

Використання фібри у стяжках і штукатурних розчинах

Поліпропіленова фібра широко застосовується у цементно-піщаних стяжках та штукатурних роботах. У процесі твердіння таких сумішей часто виникають усадкові деформації та мікротріщини. Додавання фіброволокон дозволяє значно покращити якість поверхні та підвищити експлуатаційні характеристики покриття.

Основними перевагами використання фібри у стяжках і штукатурках є:

- зменшення утворення мікротріщин;
- підвищення міцності поверхневого шару;
- покращення адгезії матеріалу;

- підвищення довговічності покриття;
- збільшення стійкості до механічних пошкоджень.

Таким чином, використання фіброволокон у будівельних сумішах є ефективним способом підвищення якості та довговічності бетонних і розчинних конструкцій.

1.5 Аналіз існуючих технологічних ліній

Технологічний процес виробництва будівельних сумішей із синтетичною фіброю включає:

- підготовку інертних матеріалів;
- транспортування компонентів;
- дозування цементу, піску, щебеню та фібри;
- перемішування компонентів;
- подачу готової суміші до місця використання.

На сучасних підприємствах застосовують як циклічні, так і безперервні технологічні лінії приготування сумішей [5].

Під час виробництва синтетичних волокон із поліпропілену, поліакрилу, нейлону та поліефіру розплавлений полімер пропускають через спеціальні формувальні отвори (фільтри), у результаті чого утворюються безперервні нитки необхідного діаметра.

Фіброві волокна на основі полімерних матеріалів є одними з найбільш ефективних армувальних добавок для бетонів і будівельних розчинів. Їх застосування дозволяє зменшити або повністю усунути потребу у використанні сталевих армувальних сіток. Полімерна фібра широко використовується під час штукатурних робіт як армувальна добавка до розчинів, а також при виготовленні пінобетону та інших композиційних будівельних матеріалів.

Синтетичні волокна успішно застосовуються у сучасному будівництві просторових конструкцій, зокрема тонкостінних оболонок та монолітних елементів складної форми. Одним із сучасних напрямів армування бетонів є використання ко-полімерної фібри типу Polyex Mesh [9].

Завдяки високим фізико-механічним характеристикам значний інтерес становить синтетична фібра на основі ко-полімерів і поліпропілену. Така фібра не лише дозволяє відмовитися від використання металевих волокон, але й суттєво покращує властивості готового бетону. При рівномірному розподілі у структурі бетонної суміші волокна формують просторове армування у трьох напрямках, що значно підвищує тріщиностійкість матеріалу та запобігає пластичній усадці бетону.

Застосування полімерних фібрових волокон сприяє:

- зменшенню утворення усадкових тріщин;
- підвищенню морозостійкості бетону;
- збільшенню стійкості до несприятливих атмосферних впливів;
- покращенню зносостійкості;
- підвищенню технологічності та легкоукладальності бетонних сумішей.

Фіброві волокна типу Polyex Mesh широко застосовують при влаштуванні промислових підлог, дорожніх та мостових покриттів, зовнішніх майданчиків і автостоянок, виготовленні монолітних конструкцій, залізобетонних паль, бетонних колон, архітектурних виробів із бетону, а також цементно-піщаних стяжок. Особливо ефективним є їх використання у складських і логістичних комплексах, торговельних центрах та промислових спорудах із великими площами підлог, що працюють в умовах постійних транспортних і пішохідних навантажень.

З огляду на високу ефективність застосування синтетичної фібри значна увага приділяється технологічним особливостям її виробництва та обладнанню для виготовлення волокон.

Основні етапи технологічного процесу

1. Подача інертних матеріалів. Пісок і щебінь транспортуються стрічковими конвеєрами або ківшовими елеваторами до витратних бункерів.
2. Дозування компонентів. Для забезпечення стабільної якості суміші використовуються вагові дозатори.
3. Введення синтетичної фібри. Фібра подається окремим дозатором у змішувач. Найважливішим завданням є запобігання утворенню клубків волокон.
4. Перемішування суміші. Застосовують примусові змішувачі планетарного або двовального типу.
5. Вивантаження готової суміші. Після завершення циклу суміш подається у транспортні засоби або безпосередньо до формувального обладнання.

Аналіз технологічної схеми показує, що після нарізання фіброві волокна накопичуються та транспортуються до місця використання. У процесі зберігання й транспортування можливе злежування та утворення грудок волокон, що призводить до погіршення рівномірності їх розподілу в бетонній суміші та зниження якості готового фібробетону. Саме тому актуальним є вдосконалення технологічних ліній подачі й дозування синтетичної фібри безпосередньо у процесі приготування бетонної суміші.

Сучасні технологічні лінії для виробництва будівельних сумішей із синтетичною фіброю являють собою комплекс обладнання для транспортування,

дозування, перемішування та подачі компонентів. Такі лінії можуть бути стаціонарними або мобільними та відрізняються рівнем автоматизації, продуктивністю і конструктивним виконанням.

Основними елементами технологічних ліній є:

- бункери для зберігання матеріалів;
- конвеєри та елеватори;
- вагові дозатори;
- змішувачі;
- системи подачі фібри;
- автоматизовані системи керування.

В Україні виробництвом обладнання для будівельної індустрії займаються підприємства: «Ковальська», «Бетонмаш», «Будмаш», «ТехноБуд», «Альфа-Тех».

Українські технологічні лінії характеризуються: відносно невисокою вартістю; простотою конструкції; ремонтпридатністю; можливістю адаптації до місцевих умов експлуатації.

Недоліками є: нижчий рівень автоматизації; вища енергоємність; менший ресурс окремих вузлів у порівнянні з європейськими аналогами.

Провідними європейськими виробниками обладнання є: Putzmeister; Liebherr; BHS-Sonthofen; Sicoma; WAMGROUP.

Європейські технологічні лінії відзначаються: високим рівнем автоматизації; точністю дозування; енергоефективністю; застосуванням сучасних систем керування; високою якістю змішування.

Таблиця 1.2 – Порівняння технологічних ліній

Параметр	Українські лінії	Європейські лінії
Рівень автоматизації	середній	високий
Продуктивність	10–40 м³/год	30–120 м³/год
Точність дозування	середня	висока
Енергоефективність	середня	висока
Вартість обладнання	нижча	вища
Надійність	середня	висока
Складність обслуговування	невелика	середня

Для аналізу сучасних технологічних ліній та обладнання, що застосовується у виробництві фібробетонних сумішей, було розглянуто як

українські, так і іноземні підприємства-виробники бетонозмішувального обладнання та автоматизованих бетонних заводів.

Серед українських виробників обладнання для виготовлення бетонних і фібробетонних сумішей варто виділити компанію KARMEL [10], яка спеціалізується на виробництві бетонозмішувальних установок, мобільних бетонних заводів, двовальних та планетарних змішувачів, а також систем автоматичного дозування компонентів. Підприємство виготовляє обладнання для стаціонарних і мобільних технологічних ліній виробництва бетонних сумішей.

Також в Україні функціонує компанія ТЕХНО ВУЗОЛ [11], яка займається виробництвом міні-бетонних заводів, бетонозмішувачів та вузлів подачі компонентів. Обладнання підприємства характеризується компактністю, мобільністю та можливістю автоматизованого керування процесом приготування бетонних сумішей.

До українських підприємств, що постачають обладнання для бетонної промисловості, також належить OPTIMUS [12], яке пропонує бетонозмішувальні установки, планетарні змішувачі та комплектуючі для технологічних ліній виробництва бетонів і сухих будівельних сумішей.

Окрему групу становлять іноземні виробники високопродуктивного обладнання для приготування бетонних і фібробетонних сумішей. Одним із провідних світових виробників є МЕКА Global [13], яка виготовляє стаціонарні, мобільні та компактні бетонні заводи, двовальні змішувачі та системи дозування фібри для виробництва фібробетону.

Широко застосовується обладнання компанії SUMAB [14], що спеціалізується на автоматизованих бетонних заводах із системами комп'ютерного керування, двовальними змішувачами та мобільними технологічними лініями для виробництва бетонних сумішей різного складу.

Серед європейських виробників також варто відзначити:

- Betonmec — виробник мобільних і стаціонарних бетонних заводів [15];
- BETONTEMA — компанія, що розробляє мобільні бетонозмішувальні комплекси та системи дозування компонентів [16];
- fibo intercon — виробник мобільних бетонних заводів для приготування спеціальних бетонів і фібробетонних сумішей [17];
- MCT Orion — виробник автоматизованих бетонних заводів для промислового та монолітного будівництва [18].

Аналіз існуючих технологічних ліній показує, що сучасне обладнання для виробництва фібробетону включає:

системи зберігання інертних матеріалів;

- вагові дозатори цементу, піску, щебеню та фібри;
- стрічкові конвеєри й елеватори;
- примусові бетонозмішувачі;
- автоматичні системи подачі фіброволокна;
- автоматизовані системи керування виробничим процесом.

Сучасні технологічні лінії забезпечують високу точність дозування компонентів, рівномірний розподіл фібри в бетонній суміші, скорочення тривалості виробничого циклу та підвищення якості готового фібробетону.

Продуктивність сучасних технологічних ліній залежить від: типу змішувача; способу транспортування компонентів; рівня автоматизації; тривалості виробничого циклу.

Найбільш продуктивними є двовальні змішувачі примусової дії, які забезпечують: високу інтенсивність перемішування; рівномірний розподіл фібри; скорочення тривалості циклу.

Продуктивність сучасних ліній може становити:

- для малих підприємств – 5...20 м³/год;
- для середніх – 20...60 м³/год;
- для великих заводів – понад 100 м³/год.

Сучасні автоматизовані системи дозволяють: контролювати дозування компонентів; регулювати подачу фібри; контролювати вологість суміші; вести облік виробництва; здійснювати дистанційний моніторинг роботи обладнання.

Використання автоматизованих систем керування дозволяє: зменшити вплив людського фактора; підвищити стабільність якості продукції; скоротити витрати енергії; підвищити продуктивність виробництва.

Сучасне обладнання для виробництва фіброармованих сумішей

Для приготування будівельних сумішей із синтетичною фіброю застосовують:

- стрічкові конвеєри;
- ківшові елеватори;
- шнекові транспортери;
- вагові дозатори;
- змішувачі примусової дії;
- автоматизовані системи керування.

Стрічковий конвеєр. Стрічкові конвеєри використовуються для транспортування піску, щебеню та інших сипких компонентів.

Ківшовий елеватор. Ківшові елеватори забезпечують вертикальне транспортування інертних матеріалів.

Змішувач примусової дії. Для рівномірного розподілу синтетичної фібри застосовують змішувачі примусової дії.

Такі змішувачі забезпечують:

- високу однорідність суміші;
- рівномірний розподіл волокон;
- скорочення тривалості циклу перемішування.

Під час виробництва фіброармованих сумішей виникають такі проблеми:

- нерівномірний розподіл фібри;
- утворення грудок волокон;
- підвищене енергоспоживання;
- зношування обладнання абразивними матеріалами;
- налипання вологих компонентів на робочі поверхні.

Для усунення зазначених недоліків необхідно:

- застосовувати ефективні змішувачі;
- автоматизувати процес дозування;
- використовувати зносостійкі матеріали;
- оптимізувати швидкість транспортування компонентів.

1.6 Характеристика технологічного процесу. Розробка технологічної схеми та її опис

Вибір технології виготовлення та укладання бетонної суміші із синтетичною поліпропіленовою фіброю залежить від умов експлуатації конструкції, необхідної міцності, тріщиностійкості, зносостійкості та довговічності бетонного покриття. Особливу увагу приділяють забезпеченню рівномірного розподілу фіброволокон у бетонній суміші, оскільки саме це визначає ефективність дисперсного армування.

На початковому етапі виконують аналіз технологічних та експлуатаційних вимог до бетонного покриття. Визначають необхідну товщину бетонного шару, тип армування, склад бетонної суміші та параметри технологічного обладнання.

Наступним етапом є підготовка основи під бетонування. До основних операцій належать:

- планування та вирівнювання поверхні;
- улаштування піщано-щебеневої подушки;
- ущільнення основи віброплитами або віброкотками;
- монтаж направляючих та опалубки;

– підготовка армувальних елементів.

Недостатня якість підготовки основи може призвести до нерівномірної усадки бетону, утворення тріщин, зниження адгезії та погіршення експлуатаційних характеристик покриття.

Після завершення підготовчих робіт здійснюється приготування бетонної суміші. Пісок, щебінь, цемент і вода у визначених пропорціях подаються з бункерів через дозувальні пристрої до бетонозмішувача. Одночасно виконується подача поліпропіленової фібри, яка рівномірно перемішується з компонентами суміші. Використання синтетичних волокон дозволяє підвищити тріщиностійкість, знизити усадочні деформації та покращити довговічність бетону.

Після завершення перемішування готова бетонна суміш надходить до бетононасоса, який забезпечує її транспортування трубопроводом до місця укладання. Застосування двопоршневого бетононасоса дозволяє забезпечити безперервну подачу суміші та зменшити пульсації потоку.

Укладання бетонної суміші виконується між направляючими з подальшим ущільненням за допомогою глибинних вібраторів або віброрейки. Вібраційне ущільнення забезпечує видалення повітряних включень, підвищення щільності бетону та покращення його фізико-механічних властивостей. Недостатнє ущільнення призводить до утворення пористості та зниження міцності, а надмірна вібрація може викликати розшарування бетонної суміші.

Первинне вирівнювання поверхні здійснюється віброрейкою, після чого проводиться контроль рівності за допомогою лазерного нівеліра. Остаточне вирівнювання виконують спеціальними рейками або заглажувальними машинами.

Для компенсації усадкових деформацій після початкового твердіння бетону виконують нарізання деформаційних швів. Ця операція здійснюється через 6–8 годин після завершення бетонування. Після завершення процесу усадки шви герметизують еластичними матеріалами для запобігання проникненню вологи та руйнуванню покриття.

Технологічна схема процесу приготування та транспортування бетонної суміші із синтетичною фіброю наведена на рис. 1.3.

Технологічний процес відбувається таким чином. Попередньо дозовані компоненти бетонної суміші подаються у бетонозмішувач, де одночасно здійснюється введення поліпропіленової фібри. Після перемішування готова суміш надходить до бетононасоса та транспортується трубопроводом до місця укладання. Укладена бетонна суміш ущільнюється та вирівнюється до отримання необхідних параметрів поверхні.

Запропонована технологічна схема забезпечує:

- рівномірний розподіл фіброволокон у бетонній суміші;
- зниження трудомісткості процесу;
- підвищення продуктивності бетонних робіт;
- покращення фізико-механічних характеристик бетону;
- зменшення ризику утворення усадкових тріщин.

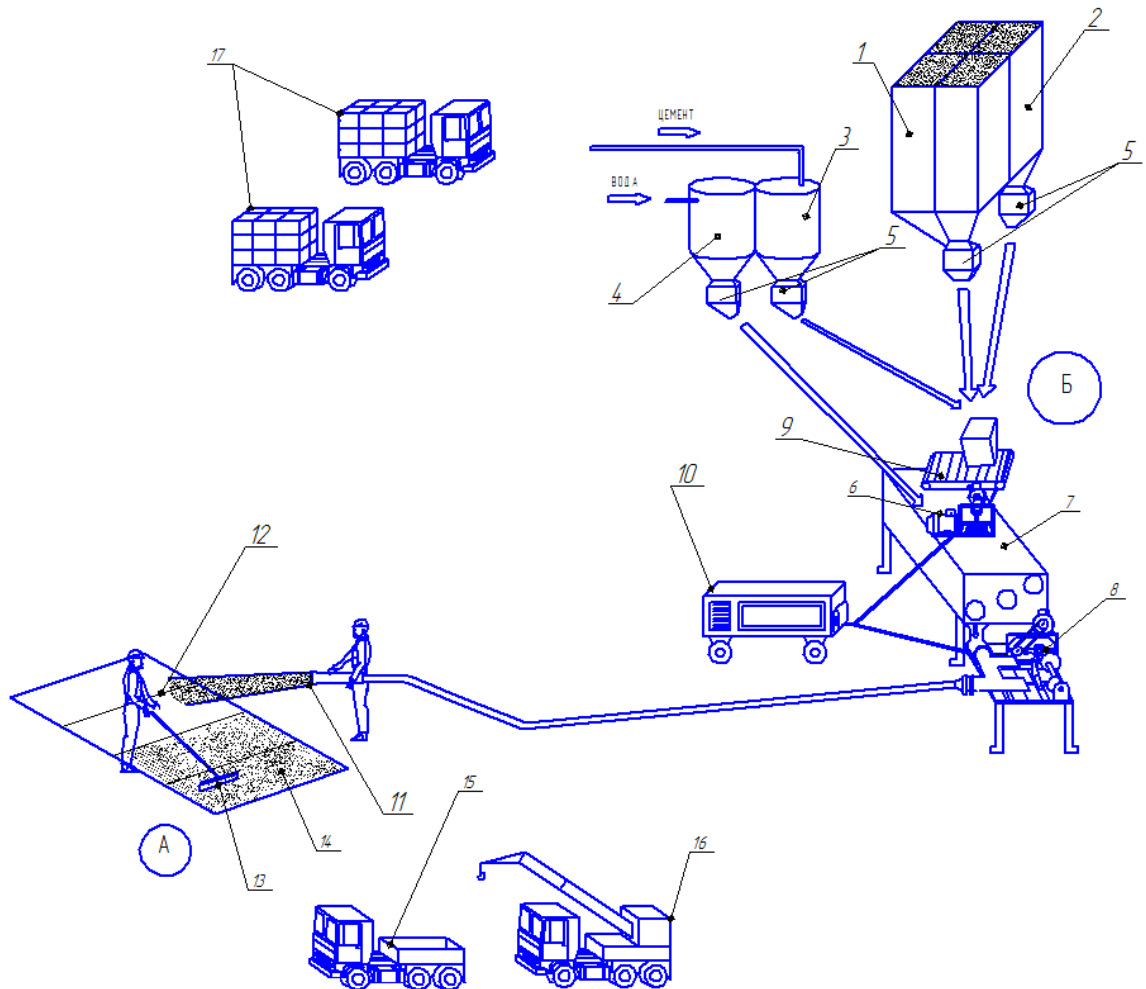


Рисунок 1.3 – Технологічна схема процесу приготування та укладання бетонної суміші із синтетичною фіброю

- 1 – бункер для піску; 2 – бункер для щебеню; 3 – бункер для цементу;
 4 – ємність для води; 5 – дозувальні пристрої; 6 – пристрій подачі та нарізання синтетичної фібри; 7 – бетонозмішувач; 8 – бетононасос;
 9 – стрічковий живильник; 10 – компресор; 11 – торкрет-сопло; 12 – направляючі; 13 – правило; 14 – бетоноване покриття, 15 – вантажівка бортова, 16 – автомобільний кран, 17 – вантажівка для транспортування матеріалів; А – зона торкрет-робіт; Б – бетонозмішувальний вузол

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд інформації за проблемою та постановка задачі дослідження

У сучасному будівництві значного поширення набули фібробетонні суміші, які характеризуються підвищеними фізико-механічними властивостями та високою експлуатаційною надійністю. Особливо активно фібробетон застосовується у США, Німеччині, Японії, Великобританії, Швеції та інших промислово розвинених країнах. Використання дисперсного армування дозволяє підвищити тріщиностійкість, ударну міцність, зносостійкість та довговічність бетонних конструкцій.

Фібробетон широко застосовується у промисловому, цивільному та транспортному будівництві, під час улаштування промислових підлог, дорожніх і аеродромних покриттів, гідротехнічних споруд, монолітних конструкцій, а також при реконструкції та підсиленні будівель і споруд. Завдяки використанню фібрового армування забезпечується зменшення усадочних деформацій та підвищення стійкості конструкцій до динамічних і температурних навантажень.

Для армування бетонних сумішей використовують сталеву, базальтову, скляну та поліпропіленову фібру. Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування поліпропіленових волокон, які характеризуються малою густиною, високою хімічною стійкістю та ефективним запобіганням утворенню мікротріщин у бетоні.

Практика використання поліпропіленової фібри у будівництві підтверджує покращення основних характеристик бетонів:

- підвищення морозостійкості;
- зростання ударної та вібраційної стійкості;
- зменшення водопоглинання;
- підвищення міцності на згин і стиск;
- зниження утворення усадочних тріщин;
- підвищення довговічності конструкцій.

Як правило, поліпропіленову фібру виготовляють методом екструзії полімерного матеріалу з подальшим різанням на волокна необхідної довжини. Екструзія є процесом продавлювання розплавленого полімеру через формувальний отвір екструдера з утворенням безперервної нитки.

Основними елементами екструдера є:

- завантажувальний бункер;
- шнековий робочий орган;
- нагрівальні елементи;

- корпус;
- формувальна головка;
- привідний механізм.

Схему екструдера для виготовлення синтетичних волокон наведено на рис.

2.1.

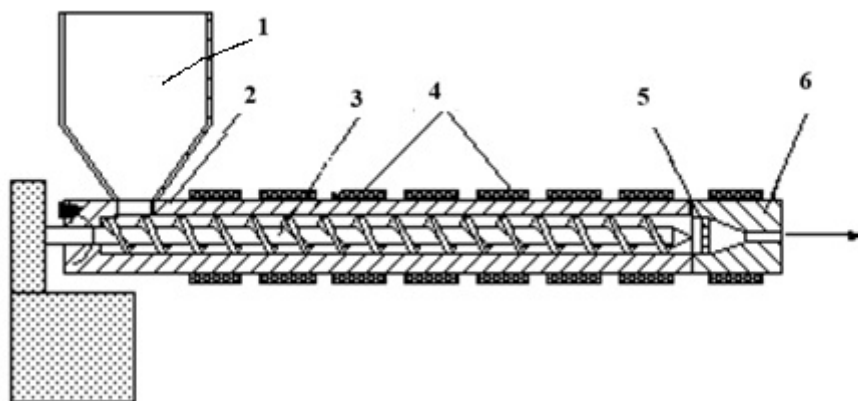


Рисунок 2.1 – Схема екструдера для виготовлення поліпропіленової фібри

1 – завантажувальний бункер; 2 – гільза; 3 – шнек; 4 – нагрівальний елемент; 5 – фільтр; 6 – формувальна головка

Недоліком традиційної технології є складність рівномірного розподілу готових волокон у бетонній суміші. Під час транспортування та зберігання фібра може злежуватися та утворювати грудки, що негативно впливає на якість армування та однорідність бетонної суміші.

Для вирішення цієї проблеми застосовують спеціальні пристрої для дозованої подачі та розпушування фібрових волокон безпосередньо перед введенням у бетонозмішувач.

Одним із варіантів є установка для рівномірної подачі фібри, конструкція якої містить: корпус, приводні вали, стержні для розпушування волокон, бункер для фібри, дозувальний механізм, привід, бетонозмішувач.

Принцип роботи такого обладнання полягає у механічному розділенні волокон та їх поступовому введенні в змішувач під час перемішування бетонної суміші. Обладнання для подачі фібри наведено на рис. 2.2.

Крім того, відомі конструкції обладнання, у яких волокна подаються до бетонозмішувача за допомогою стрічкових або валкових механізмів із розпушувальними елементами. Такі системи дозволяють частково усунути проблему нерівномірного розподілу фібри, проте характеризуються підвищеною енергоємністю та складністю конструкції.

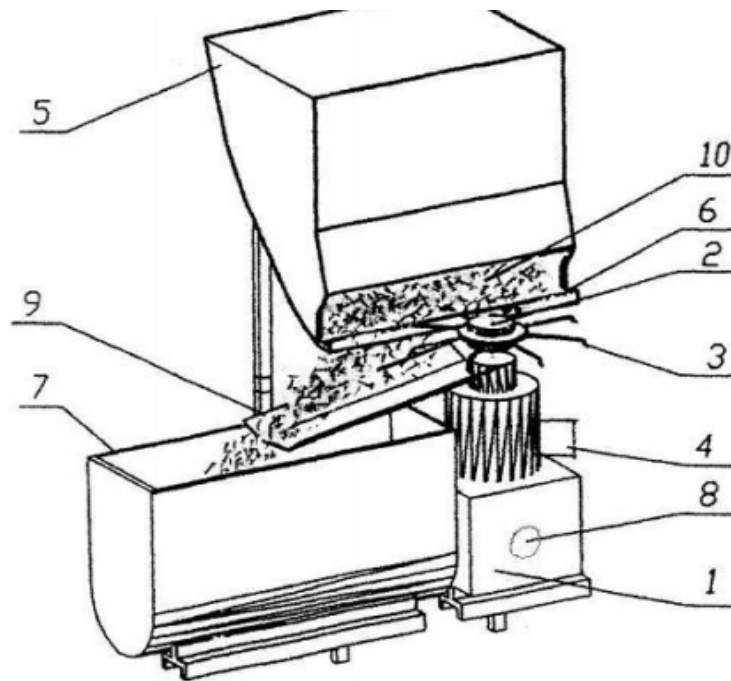


Рисунок 2.2 – Обладнання для подачі фібр в бетонозмішувач

1 – корпус; 2 – вал; 3 – стержні; 4 – привод; 5 – бункер; 6 – засув;
7 – бетонозмішувач; 8 – реле часу; 9 – направляючий лоток; 10 – фібри

Перспективним напрямом удосконалення технології є використання автоматів-різчиків, які забезпечують нарізання синтетичної фібри безпосередньо під час приготування бетонної суміші. У цьому випадку волокна вводяться у змішувач у момент різання, що забезпечує:

- рівномірний розподіл фібри;
- відсутність комкування;
- підвищення однорідності суміші;
- скорочення технологічних операцій;
- зменшення витрат часу на підготовку матеріалу.

Для реалізації такої технології використовують спеціалізовані технологічні комплекти обладнання, до складу яких входять:

- бетонозмішувач;
- автомат-різчик фібри;
- система дозування компонентів;
- бетононасос (якщо потрібно транспортувати суміш);
- транспортуючі пристрої;
- система керування.

2.2 Комплект обладнання

Для приготування фібробетонної суміші доцільно використовувати малогабаритний технологічний комплект обладнання (рис. 2.3) [19]. Такий комплект забезпечує виконання всіх основних операцій технологічного процесу: подачу та дозування компонентів, нарізання фібри, перемішування складових і транспортування готової суміші до місця укладання.

До складу комплекту входять:

- стрічковий живильник 1, який забезпечує безперервну подачу та дозування сухих компонентів суміші;
- бункер 5 для зберігання цементу, піску та щебеню, обладнаний ворошителем для запобігання злежуванню матеріалів;
- автомат-різчик поліпропіленової фібри 2, призначений для нарізання волокон заданої довжини та їх подачі безпосередньо у бетонозмішувач;
- тривальний бетонозмішувач 3, у якому здійснюється інтенсивне перемішування компонентів;
- двопоршневий бетононасос із тарілчастими клапанами 4, який використовується для подачі готової фібробетонної суміші до місця виконання робіт.

Запропонований комплект обладнання дозволяє забезпечити рівномірний розподіл поліпропіленової фібри у бетонній суміші, підвищити продуктивність процесу та покращити якість готового фібробетону.

Нижче наведено опис основних елементів технологічного комплекту обладнання, представленого на рисунку 2.3.

Стрічковий живильник. Подача сухих компонентів бетонної суміші – цементу, піску та щебеню – здійснюється зі завантажувального бункера на стрічку живильника через регульований шибєр (рис. 2.4). У середині бункера встановлений горизонтальний вал із штирями, який виконує функцію ворошителя та забезпечує розпушування і попереднє перемішування компонентів суміші.

Переміщення стрічки здійснюється приводним барабаном, вал якого з'єднаний із приводом. Така конструкція дозволяє забезпечити рівномірну подачу матеріалів до наступних елементів технологічної лінії.

Автомат-різчик синтетичної фібри. Для підготовки синтетичних волокон використовується автоматичний різчик фібри (рис. 2.5), який встановлюється над бетонозмішувачем на зварній рамі. Основним призначенням пристрою є нарізання синтетичних ниток на волокна необхідної довжини та їх подача у змішувач.

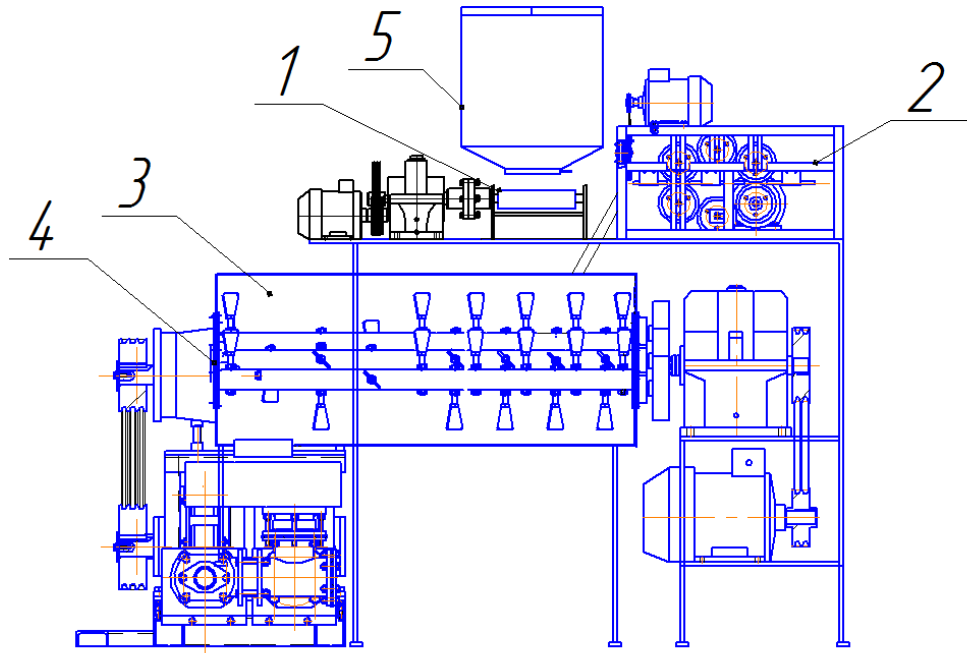


Рисунок 2.3 – Технологічний комплект обладнання для приготування бетонної суміші з використанням поліпропіленової фібри
 1 – стрічковий живильник; 2 – різчик синтетичної фібри; 3 – тривальний бетонозмішувач; 4 – двопоршневий бетононасос; 5 – бункер для сухих компонентів

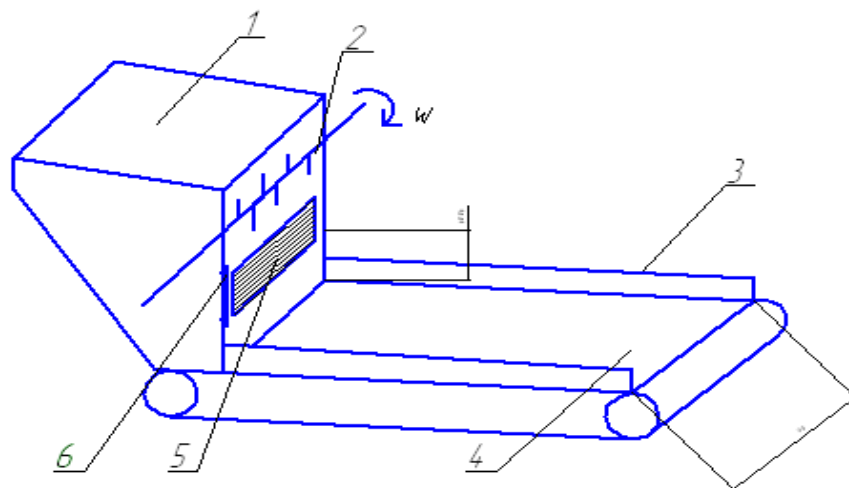


Рисунок 2.4 – Схема стрічкового живильника
 1 – бункер для сухих компонентів; 2 – ворошитель; 3 – борти живильника; 4 – стрічка живильника; 5 – рухомий шибер; 6 – направляючі вертикального переміщення шибера

Конструкція різчика включає двигун приводу ріжучого диска, систему роликів для протяжки нитки та направляючі елементи. Обертання ріжучого диска здійснюється через клинопасову передачу. На диску закріплені леза, які виконують нарізання волокна.

Синтетична нитка подається через направляючу за допомогою роликів із гумовим покриттям. Для забезпечення стабільного переміщення нитки використовується декілька пар роликів, частина з яких є ведучими.

У процесі роботи нитка безперервно переміщується до ріжучого вузла, де обертовий диск із лезами здійснює її поділ на окремі фіброволокна заданої довжини.

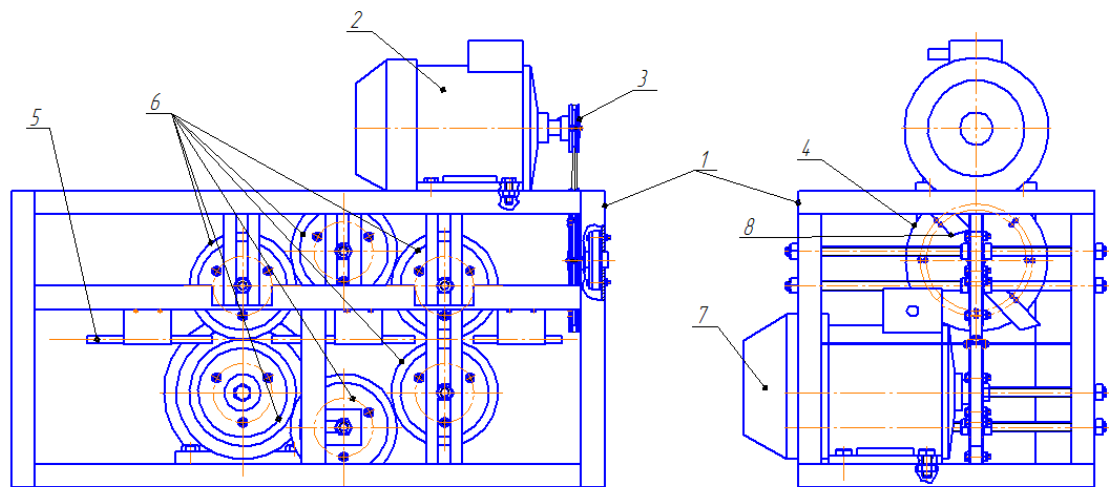


Рисунок 2.5 – Схема різчика синтетичних фібри

1 – зварна рама; 2 – двигун приводу клинопасової передачі; 3 – шків двигуна; 4 – ріжучий диск; 5 – направляюча; 6 – ролики; 7 – двигун приводу роликів; 8 – лезо

Принцип подачі та нарізання поліпропіленової нитки наведено на рис. 2.6.

Бобіни з нитками встановлюються на спеціальні осі, після чого нитки формуються у спільний джгут і подаються через направляючий жолоб до пар гумових роликів. Ролики обертаються назустріч один одному, забезпечуючи захоплення та переміщення джгута за рахунок сил тертя.

Далі нитки потрапляють у зону дії ножової головки, яка приводиться в рух електродвигуном через ремінну передачу. Швидкість подачі нитки та частота обертання ножа узгоджуються таким чином, щоб забезпечити отримання фіброволокон необхідної довжини.

Для забезпечення стабільного натягу волокон у процесі різання використовується подача стисненого повітря від компресора.

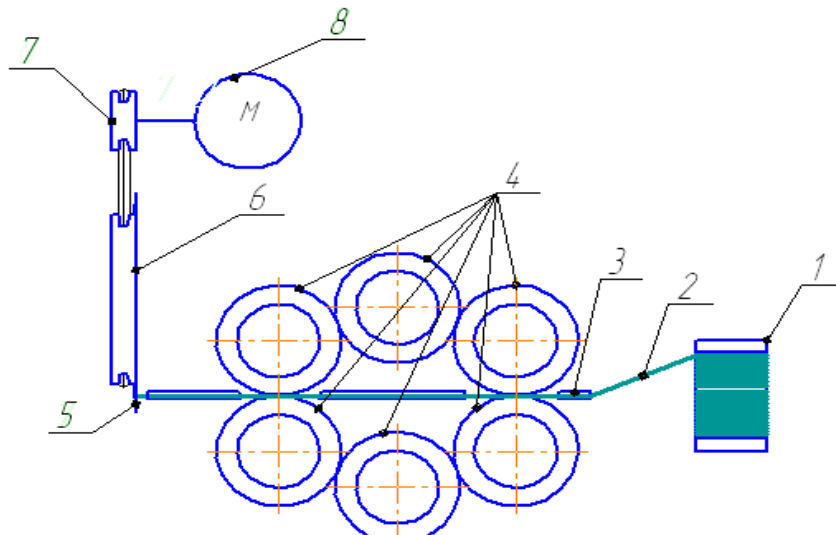


Рисунок 2.6 – Принципова схема подачі та нарізання поліпропіленової фібри

1 – бобіна з поліпропіленовими нитками; 2 – поліпропіленова нитка;
3 – направляючий жолоб; 4 – гумові ролики; 5 – ніж; 6 – ножова головка;
7 – шків; 8 – двигун приводу ножової головки

Тривальний бетонозмішувач. Тривальний бетонозмішувач призначений для інтенсивного перемішування компонентів фібробетонної суміші та забезпечення рівномірного розподілу поліпропіленових волокон у всьому об'ємі матеріалу (рис.2.7).

Принцип роботи змішувача полягає у послідовному переміщенні компонентів через зони дії трьох валів із лопатями. Попередньо дозовані цемент, пісок, щебінь і фібра надходять через завантажувальний бункер до корпусу змішувача, де захоплюються лопатями верхнього валу та частково перемішуються.

Далі суміш переходить у зону роботи середнього валу, після чого переміщується до нижнього лопатевого валу. Одночасно з радіальним переміщенням матеріалу відбувається його поздовжній рух у напрямку розвантажувального патрубку.

Після подачі води всі компоненти інтенсивно перемішуються завдяки одночасному обертанню трьох валів. Частинки суміші рухаються по перехресних траєкторіях у горизонтальній та вертикальній площинах, що забезпечує високу однорідність фібробетону.

Вивантаження готової суміші здійснюється через розвантажувальний патрубок.

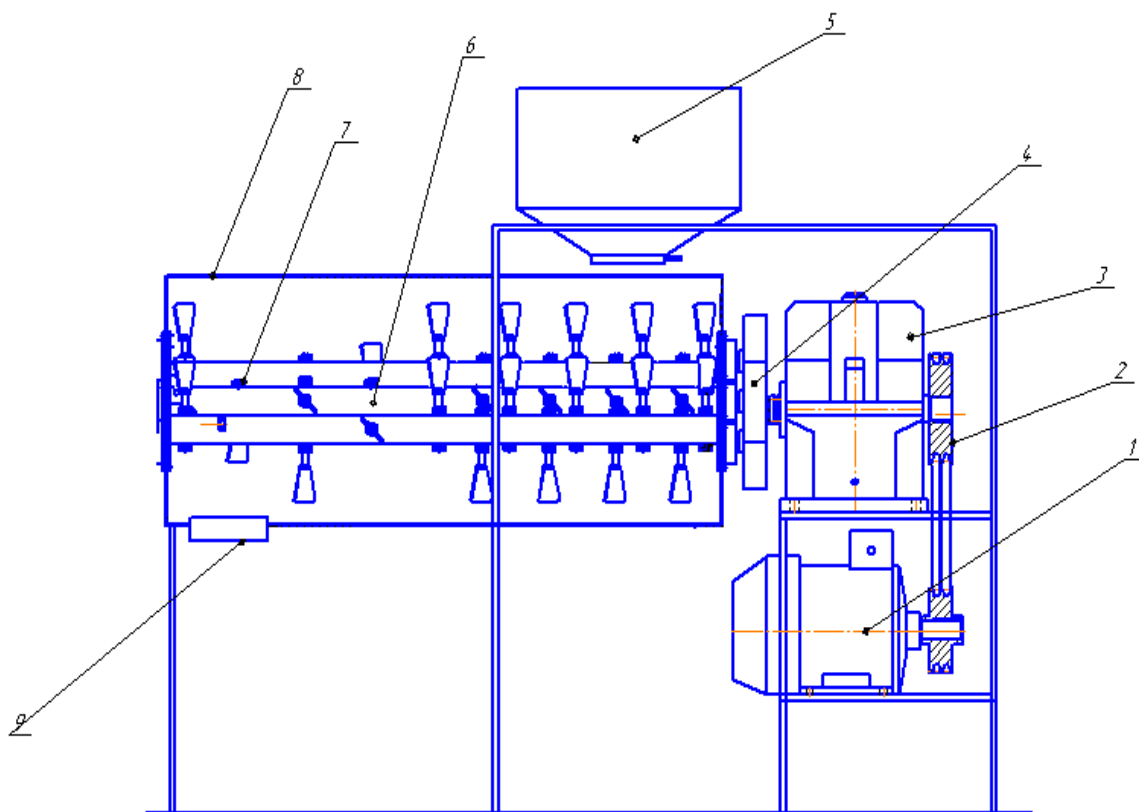


Рисунок 2.7 – Принципова схема тривального бетонозмішувача
 1 – двигун; 2 – клинопасова передача; 3 – редуктор; 4, 5 – відкриті зубчасті передачі; 6 – середній вал; 7 – верхній та нижній лопатеві вали; 8 – корпус бетонозмішувача; 9 – розвантажувальний патрубок; 10 – завантажувальний бункер

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики тривального бетонозмішувача

Параметр	Значення
Продуктивність, м ³ /год	4–4,5
Максимальний розмір заповнювача, мм	8–10
Частота обертання валів, с ⁻¹	1,03
Довжина, мм	1000
Ширина, мм	576
Висота, мм	565
Відстань до завантажувального патрубку, мм	880
Маса, кг	320

Двопоршневий бетононасос із тарілчастими клапанами. Для транспортування готової фібробетонної суміші використовується двопоршневий бетононасос із горизонтальним розташуванням циліндрів та прямоточним завантаженням (рис.2.8).

Насос призначений для подачі бетонних і розчинних сумішей із рухливістю 4–12 см та максимальним розміром заповнювача до 10 мм у складі малогабаритних комплектів обладнання для бетонних робіт.

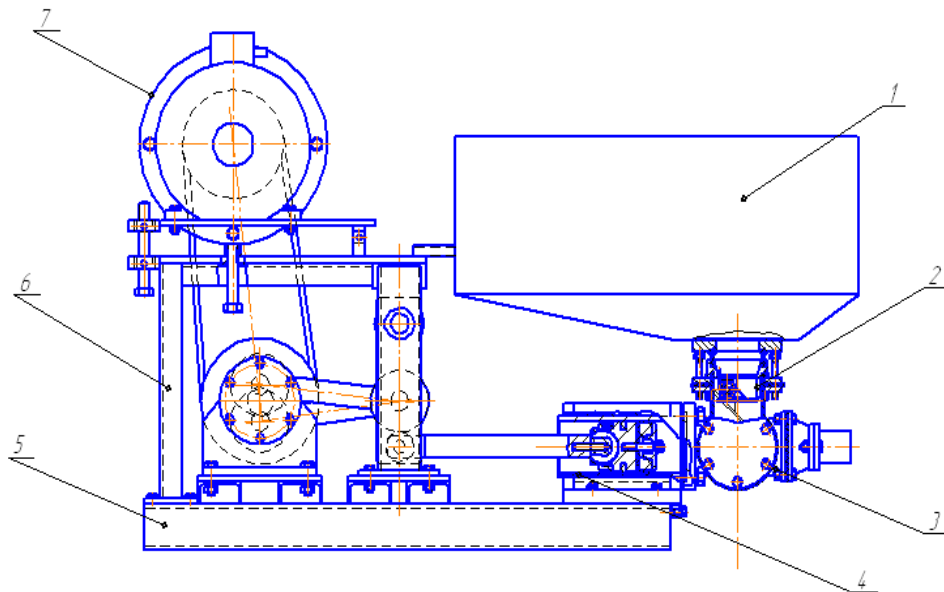


Рисунок 2.8 – Двопоршневий бетононасос із тарілчастими клапанами
1 – завантажувальний бункер; 2 – клапани; 3 – колонка; 4 – поршень; 5 – рама;
6 – станина; 7 – двигун

Особливістю конструкції є використання всмоктувального та упорного тарілчастих клапанів (рис.2.9). Таке конструктивне рішення забезпечує збільшення прохідного перерізу під час всмоктування бетонної суміші та підвищує ефективність роботи насоса.

Під час роботи поршня у режимі всмоктування бетонна суміш заповнює робочу камеру завдяки різниці тисків між бункером і робочим циліндром. У режимі нагнітання створюваний тиск сприяє швидкому закриттю тарілчастого клапана, що зменшує зворотний рух суміші до завантажувального бункера (рис.2.10).

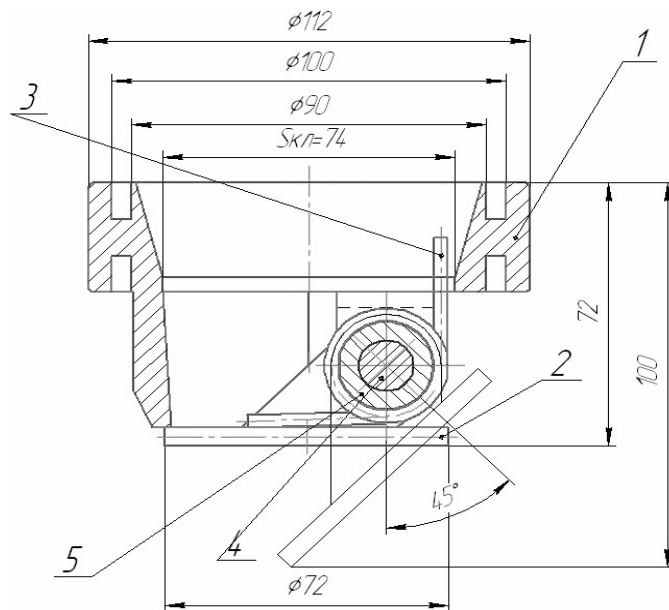


Рисунок 2.9 – Схема тарілкового клапана

1 – корпус клапана; 2 – тарілка клапана; 3 – пружина; 4 – вісь; 5 – втулка

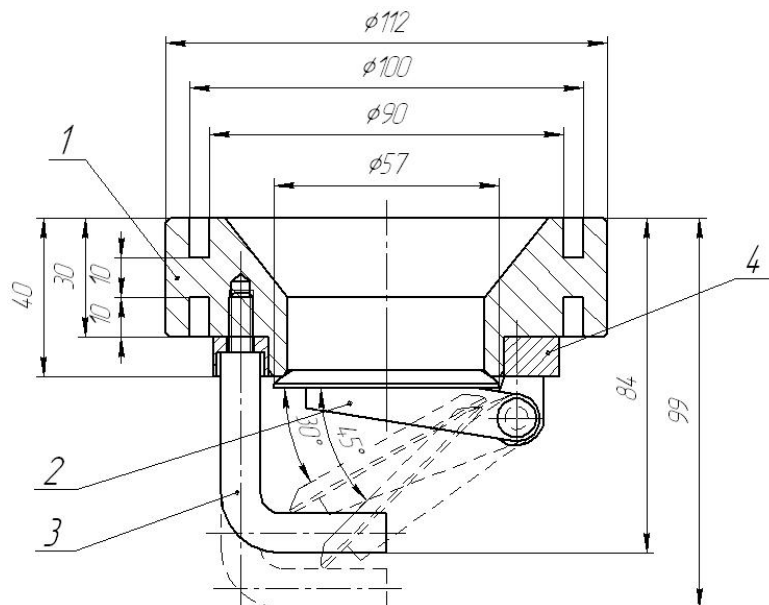


Рисунок 2.10 – Схема упорного тарілкового клапана

1 – сідло клапана; 2 – тарілка; 3 – упор-обмежувач; 4 – пружина

Тарілкові клапани мають вищу пропускну здатність порівняно з кульовими або конусними клапанами. Крім того, їх менша маса забезпечує швидше спрацювання та знижує гідравлічний опір потоку бетонної суміші. Це дозволяє підвищити продуктивність насоса та покращити стабільність подачі фібробетону.

2.3 Розрахунок основних показників обладнання

Комплект обладнання. Потужність, що витрачається на роботу технологічного комплекту обладнання складається із суми витрат потужності на роботу окремих видів обладнання, що входять до складу даного комплекту: автомата-різчика поліпропіленової фібри, тривального бетонозмішувача, двопоршневого бетононасоса, стрічкового живильника. Таким чином, залежність для визначення потужності технологічного комплекту обладнання має вигляд:

$$P_{\text{ТКО}} = P_{\text{авт.-р}} + P_{\text{бет-зм}} + P_{\text{рбн}} + P_{\text{жив}}$$
$$P_{\text{ТКО}} = 3,78 + 4 + 6,7 + 1,25 = 15,73 \text{ кВт.}$$

де $P_{\text{ТКО}}$ – потужність, що витрачається на роботу технологічного комплекту обладнання, кВт;

$P_{\text{авт.-р}}$ – потужність, що витрачається автоматом-різчиком поліпропіленової фібри, кВт;

$P_{\text{бет-зм}}$ – потужність, що витрачається бетонозмішувачем, кВт;

$P_{\text{рбн}}$ – потужність, що витрачається на роботу бетононасоса, кВт;

$P_{\text{жив}}$ – потужність, що витрачається стрічковим живильником, кВт.

Бетонозмішувач. Розрахунок продуктивності бетонозмішувача:

$$Q = 3600 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot \varphi \cdot n \cdot k \cdot \beta \cdot K_{\text{арм}}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де D – діаметр кола, що описує кінець лопаті, м;

d – діаметр вала, м;

b – середня ширина лопаті, м;

α – кут нахилу лопаті, приймається в межах $12 \div 15^\circ$;

φ – коефіцієнт заповнення змішувача, рекомендоване значення 0,6;

n – число оборотів вала змішувача, об/с;

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність подачі сировини до змішувача та розпушеність матеріала, $k \approx 0,7$;

β – коефіцієнт, що враховує часткове повернення маси при її перемішуванні; рекомендоване значення $0,75 \div 0,8$.

$$D = 280 \text{ мм}; d = 50 \text{ мм}; b = 30 \text{ мм}; n = 61,8 \text{ об/хв} = 1,03 \text{ хв}^{-1}$$

$$Q = 3600 \cdot 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,28^2 - 0,05^2) \cdot 0,03 \cdot \sin 14^\circ \cdot 0,6 \cdot 1,03 \cdot 0,7 \cdot 0,8 =$$

$$4,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Потужності двигуна:

$$P_{\text{бет-зм}} = \frac{\lambda(P_1 + P_2 + P_3 + P_4)}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

де $\lambda = 1,1 \div 1,3$ – коефіцієнт запасу потужності, що враховує можливості заклинювання лопатевого вала, $\eta = 0,8 \div 0,9$ – ККД передачі привода.

P_1 – потужність на подолання опору бетонної суміші в осьовому напрямку, Вт.

$$P_1 = \pi \cdot C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot \operatorname{tg}^3 \alpha \cdot R_{cp}^3 \cdot (R^2 - r^2) \cdot i \cdot \psi \cdot \varphi,$$

де $i = 39$ – загальне число лопатей,

$C = 4$ – коефіцієнт опору; $C = 3 \dots 9$ (менші значення для рухомих сумішей),

ρ – щільність бетонної суміші, 2400 кг/м^3 ,

ω – кутова швидкість обертання валів; за умовою $n = 61,8 \text{ об/хв.}$; $\omega \approx 6,1 \text{ рад/с}$,

α – кут нахилу лопатей, $\alpha \approx 14^\circ$;

$$R_{cp} = \frac{R + r}{2} = \frac{140 + 50}{2} \approx 95 \text{ мм} – \text{середній радіус «шнека»},$$

ψ – коефіцієнт довжини лопаті по колу, $\psi = 0,04 \div 0,08$,

φ – коефіцієнт заповнення корпусу змішувача, приймаємо $0,6$.

P_2 – потужність на подолання зусилля тертя бетонної суміші о поверхню лопатей, Вт,

$$P_2 = \frac{2}{3} \pi \cdot C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot R_{cp}^2 \cdot (R^3 - r^3) \cdot i \cdot \psi \cdot \varphi \cdot f \cdot K_{арм},$$

де $f = 0,5 \div 0,65$ коефіцієнт тертя бетонної суміші о сталь.

P_3 – потужність на подолання опору бетонної суміші по поверхні корпусу, Вт,

$$P_3 = \frac{2}{5} \pi \cdot C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot R_{cp}^2 \cdot (R^5 - r^5) \cdot i \cdot \psi \cdot \varphi.$$

P_4 – потужність на подолання опору бетонної суміші обертанню кронштейнів лопатей, Вт,

$$P_4 = \frac{1}{4} C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot b_K \cdot (R_1^4 - r_1^4) \cdot i \cdot \varphi,$$

де $b_K = 22 \text{ мм}$ (або $0,022 \text{ м}$) – ширина кронштейна лопаті.

$R_1 \approx r$ – зовнішній радіус обертання кронштейна лопаті, мм, $r = 55 \text{ мм}$;

r_1 – внутрішній радіус обертання кронштейна лопаті, мм. Діаметр вала змішувача 58 мм , тому $r_1 \approx 29 \text{ мм}$.

Розрахунок проводимо з використанням «MathCAD-7.0» [20] (файл «Потужність.mcd»).

Введення:

$$\begin{array}{llll} C := 5 & \rho := 2400 & \omega := 6,1 & R := 0,28 \\ r := 0,025 & \alpha := 14 & \psi := 0,06 & f := 0,65 \end{array}$$

$$R1 := r \quad r1 := 0,058 \quad bk := 0,22 \quad \lambda := 1,3 \quad \eta := 0,8$$

$$P1 = \pi \cdot C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot \tan\left(\alpha \frac{\pi}{180}\right)^3 \cdot \left(\frac{R+r}{2}\right)^3 \cdot (R^2 - r^2) \cdot i \cdot \psi \cdot \varphi$$

$$P1 = 0,93 \times 10^3$$

$$P2 = \frac{2}{3} \pi \cdot C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot \tan\left(\alpha \frac{\pi}{180}\right)^2 \cdot \left(\frac{R+r}{2}\right)^2 \cdot (R^3 - r^3) \cdot i \cdot \psi \cdot \varphi \cdot f$$

$$P2 = 0,47 \times 10^3$$

$$P3 = \frac{2}{5} \pi \cdot C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot \tan\left(\alpha \frac{\pi}{180}\right) \cdot (R^5 - r^5) \cdot i \cdot \psi \cdot \varphi$$

$$P3 = 1,14 \times 10^3$$

$$P4 = \left(\frac{1}{4}\right) C \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot bk \cdot (R_1^4 - r_1^4) \cdot i \cdot \varphi$$

$$P1 = 0,29 \times 10^3$$

$$P = \frac{\lambda(P1 + P2 + P3 + P4)}{1000 \cdot \eta}$$

$$P_{\text{бет-зм}} = 3,679 \approx 4 \text{ кВт.}$$

Приймаємо двигун асинхронний трифазний АИР 132 S8, у якого потужність $P = 4$ кВт, частота обертання $n = 750$ хв-1 (рис. 2.11, табл. 2.2)

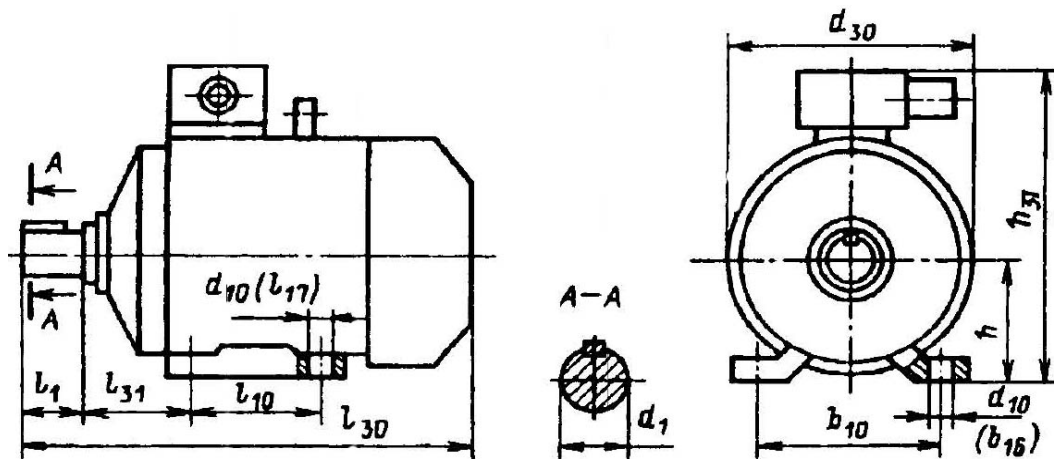


Рисунок 2.11 – Схема двигуна АИР 132 S8

Обираємо редуктор двоступінчастий 2Ц2-125Н з передаточним числом 12,5; $M_{\text{тих. вал}} = 1,2$ кН·м; допустиме консольне навантаження на швидкохідному валу $T = 0,53$ кН, на тихохідному $T = 8,5$ кН; маса = 89 кг (рис. 2.11, табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Габаритні розміри двигуна АИР 132 S8

Габаритні розміри			Установлювальні та приєднувальні розміри, мм							
l_{30}	h_{31}	d_{30}	l_1	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10} (l_{17})	b_{10}	Перетин шпонки, мм $b_{\text{шп}} \times h_{\text{шп}}$	Глибина паза, мм, $t_{1 \text{ шп}}$
460	325	288	80	140	89	38	12	216	10 x 8	5,0

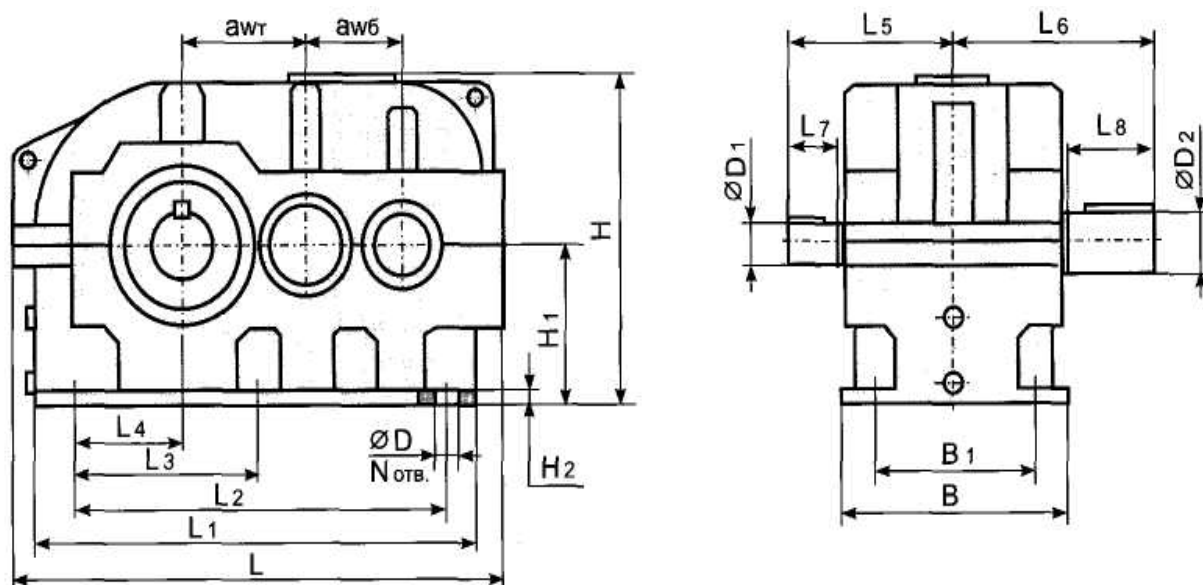


Рисунок 2.12 – Схема редуктора 2Ц2-125Н

Таблиця 2.3 – Габаритні редуктора 2Ц2-125Н

Типорозмір редуктора	Міжосьова відстань		L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
	$a_{\omega 6}$	$a_{\omega m}$							
2Ц2-125Н	100	125	525	425	365	-	100	170	235

Продовження таблиці 2.3.

Типорозмір редуктора	L_7	L_8	H	H_1	H_2	$\varnothing D$	$\varnothing D_1$	N	B	B_1
2Ц2-125Н	42	105	310	132	22	18	28k6	65m6	4	255

Технічні характеристика тривального бетонозмішувача

Продуктивність змішувача, м³/год	4 – 4.5
Максимальний розмір крупного заповнювача ,мм	8 – 10
Частота обертів валів, с ⁻¹	1,03
Габаритні розміри, мм:	1100
довжина	
ширина	670
висота	565
Маса змішувача, кг	320

Різчик синтетичної фібри. При роботі різчика синтетичних волокон потужність витрачається на процес подачі фібрових ниток тягнуть роликами P_{11} і процес різання простягнутих ниток P_{12} . Отже, загальні витрати потужності на роботу автомата-різчика визначаються згідно з наступної залежності:

$$P_{\text{aBT.-p}} = P_{11} + P_{12} = 3,2 + 0,58 = 3,78 \text{ кВТ};$$

$$P_{11} = \frac{F_T \cdot V_B \cdot Z_1}{\eta_1} = \frac{93 \cdot 6,3 \cdot 5}{0,9} = 3,2 \text{ кВТ.}$$

де F_T – тягове зусилля механізму подачі поліпропіленової нитки;

$$F_T = Z_2 \cdot T = 2 \cdot 46,55 = 93 \text{ H};$$

Z_1 – кількість ниток в джгуті, протягнутих роликами, $Z_1 = 5$;

Z_2 – кількість точок контакту ниток з поверхнями роликів (для пари циліндричних роликів ($Z_2 = 2$));

T – сила, яка витрачається на подолання тертя, що виникає в точці контакту ролика з поліпропіленовою ниткою, Н;

$$T = F_H \cdot f_{Tp} = 49 \cdot 0,95 = 46,55 \text{ H}$$

F_n – сила нормального тиску поверхні ролика на джгут, Н;

$$F_H = \sigma_H \frac{\pi \cdot D_{\text{Ж}}^2}{4} = 1,27 \cdot \sigma_H \cdot D_{\text{Ж}}^2$$

$$F_H = \sigma_H \frac{\pi \cdot D_{\text{ж}}^2}{4} = 4.35 \frac{3.14 \cdot 3^2}{4} = 49 \text{ Н}$$

де σ_H – межа міцності;

$D_{\text{ж}}$ – діаметр джгута поліпропіленової нитки.

$f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт тертя ковзання між контактуючими поверхнями тягнучих роликів з синтетичними нитками;

η_1 – ккд, що враховує потужність, яка затрачена приводною частиною механізму подачі з урахуванням втрати потужності на подолання сил тертя, що виникають між роликами і нитками в джгуті.

Потужність привода механізму різання поліпропіленових ниток визначається як:

$$P_{12} = \frac{\pi \cdot d_f^2 \cdot Z_2 \cdot r_{ш} \cdot \tau_{ср} \cdot \omega_H \cdot k_{ц} \cdot \sin \alpha}{4 \eta_2}, \text{ кВт}$$

$$P_{12} = \frac{3,14 \cdot 0,0005^2 \cdot 2 \cdot 0,67 \cdot 0,75 \cdot 297 \cdot 0,95 \cdot 1}{4 \cdot 0,95} = 0,58 \text{ Вт.}$$

де d_f – діаметр поліпропіленової нитки 0,0005м;

$r_{ш}$ – радіус окружності ножової головки по лезу ножа 0,67м;

$\tau_{ср}$ – межа міцності поліпропіленової нитки на зріз ($\tau_{ср} = 0,75 \sigma_H$) МПа;

ω_H – кутова швидкість обертання ножової головки $297 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$,

$k_{ц}$ – коефіцієнт циклічності 0,95;

η_2 – коефіцієнт корисної дії ножової частини автомата – різчика 0,95 ;

α – кут, під яким здійснюється різання джгута з поліпропіленових ниток.

Технічна характеристика різчика поліпропіленової фібри

Продуктивність, м ³ /год	2,7
Габаритні розміри, мм:	
довжина	500
висота	250
ширина	250
Маса, кг	25
Потужність електродвигунів ,кВт	0.5
Діаметр гумових роликів, мм	90

Бетононасос. Визначаємо тиск необхідний для перекачування малорухомих будівельних сумішей (4-6 см) на задану довжину й висоту:

$$P = H \rho g + \frac{8 \mu L}{\pi R_t^4} \left(Q + \frac{\pi R_t^3 \tau_0}{3 \mu} \right) \quad (15)$$

$$P = 15 \cdot 2300 \cdot 9,81 + \frac{8 \cdot 8 \cdot 25}{3,14 \cdot 0,03^4} \cdot \left(4,5 / 3600 + \frac{3,14 \cdot 0,03^3 \cdot 100}{3 \cdot 8} \right) = 1,34 \text{ МПа}$$

де H – висота подачі бетонної суміші при проведенні торкрет-робіт, м;

L – довжина подачі бетонної суміші при проведенні торкрет-робіт, м;

μ – динамічна в'язкість бетонної суміші, МПа·с;

ρ – середня щільність бетонної суміші, кг/м³

g – прискорення вільного падіння, м/с²

τ_0 – гранична напругу зсуву бетонної суміші, МПа;

Q – продуктивність бетононасосу, м³/год;

R_T – радіус трубопроводу, м.

Діаметр гільзи поршня визначається по тиску, необхідному для перекачування будівельних сумішей на задану довжину й висоту:

$$P = \frac{F}{S} \quad (16); \quad S = \pi R^2 \quad (17); \quad r = \sqrt{\frac{F}{\pi P}};$$

$$r = \sqrt{\frac{5.44}{3.14 \cdot 855.5}} = 0.045 \text{ м};$$

$$d = 2 \cdot r = 0.09 \text{ м}.$$

де F – сила діюча на поршень, кВт;

S – площа поршня, м²;

P – тиск створюване поршнем, Па.

Таким чином необхідну потужність привода визначаємо по формулі:

$$P_{\text{рбн}} = \frac{p \cdot Q}{1000 \cdot \eta} = \frac{1,34 \cdot 4552}{1000 \cdot 0,9} = 6,7 \text{ кВт}$$

де p – тиск, необхідний для транспортування будівельних сумішей на задану довжину й висоту, МПа;

Q – продуктивність бетононасоса, м³/ч.

Продуктивність бетононасоса як середня подача робочого й компенсаційного поршнів визначається відповідно залежності:

$$P = Q_c = \frac{\pi R^3 \cdot \tau_{\text{см}}}{4 \cdot \mu} \left[1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{\tau_0}{\tau_{\text{см}}} + \frac{1}{3} \left(\frac{\tau_0}{\tau_{\text{см}}} \right)^4 \right]$$

$$P = \frac{3,14 \cdot 0,0025^3 \cdot (4,343 \cdot 10^4)}{4 \cdot 420} \cdot \left[1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{100}{4,343 \cdot 10^4} + \frac{1}{3} \left(\frac{100}{4,343 \cdot 10^4} \right)^4 \right] \cdot$$

$$\cdot 3600 = 4,552 \text{ м}^3/\text{ч}$$

де r – радіус поршня, м

L_1, L_2 – хід робочого й компенсаційного поршнів, м

ω – кутова швидкість кривошипа колінчатого вала, с⁻¹.

Технічна характеристика бетононасоса

Продуктивність, м ³ /год	4,5
Робочий тиск компресора, МПа	0,8
Гранична дальність подачі, м:	
по горизонталі (L_1)	100...150
по вертикалі (H_1)	50
Додаткова дальність подачі, м:	
по горизонталі (L_2)	50...100
по вертикалі (H_2)	20...30
Діаметри, мм:	

робочого поршня	90
компенсаційного поршня	90
Хід, мм:	
робочого поршня	160
компенсаційного поршня	80
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1360
висота	900
ширина	852
Маса, кг	400
Потужність електродвигуна ,кВт	7.5
Діаметр гумовотканинних рукавів, мм	50

Стрічковий живильник. Потужність, що витрачається на роботу живильника, витрачається на обертання горизонтального вала, встановленого в бункері живильника P_{21} , і на транспортування компонентів бетонної суміші P_{22} .

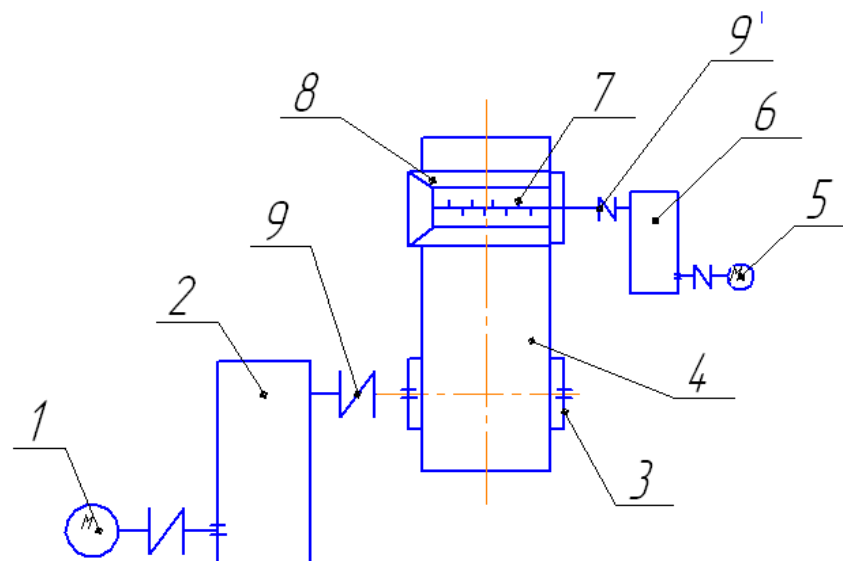


Рисунок 2.13 – Кінематична схема стрічкового живильника з завантажувальним бункером і ворошителем

1 – електродвигун привода стрічкового живильника; 2 – редуктор приводної частини стрічки; 3 – приводний барабан живильника; 4 – стрічка живильника; 5 – електродвигун привода вала ворошителя; 6 – редуктор привода вала ворошителя; 7 – горизонтальний вал ворошителя зі штирями; 8 – завантажувальний бункер; 9, 9' – з'єднувальні муфти

Сумарна потужність, яка витрачається на роботу живильника, має вигляд:

$$P_{\text{пит}} = P_{21} + P_{22} = 1.1 + 0.5 = 1.25, \text{ кВт}$$

$$P_{21} = d \cdot k \cdot i \cdot \pi \cdot \sin \alpha \frac{R^2 - r^2}{2}$$

$$P_{21} = 0,001 \cdot (1 \cdot 10^5) \cdot 14 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot \frac{0,15^2 - 0,015^2}{2} = 1,1 \text{ кВт}$$

де d – діаметр штиря, 10 мм;

k – питомий опір різанню, для бетонної суміші, $k = 1 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$;

i – кількість штирів на одному валу, $i = 14$ шт;

R – радіус кола, що описує кінець штиря, $R = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$;

r – відстань від центра обертання до початку штирів, $r = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м}$;

α – кут нахилу штирів, 45° ;

$$P_{22} = \frac{S \cdot V_{\text{л}}}{\eta_2} = \frac{2746 \cdot 0,05}{0,95} = 0,15 \text{ кВт.}$$

де S – найбільше тягове зусилля в стрічці, Н;

$V_{\text{л}}$ – швидкість стрічки живильника, м/с;

η_2 – ккд приводу, що забезпечує обертання приводного барабана;

V – швидкість руху стрічки, м/с.

Приймаємо зі стандартного ряду ширину стрічки 0,4 м.

Остаточно швидкість стрічки визначаємо по формулі:

$$V = \frac{II}{B^2 \cdot k \cdot \gamma}$$

$$V = \frac{3}{0,4^2 \cdot 230 \cdot 1,6} = 0,05 \text{ м/с}$$

Тяговий розрахунок конвеєра методом обходу по контуру.

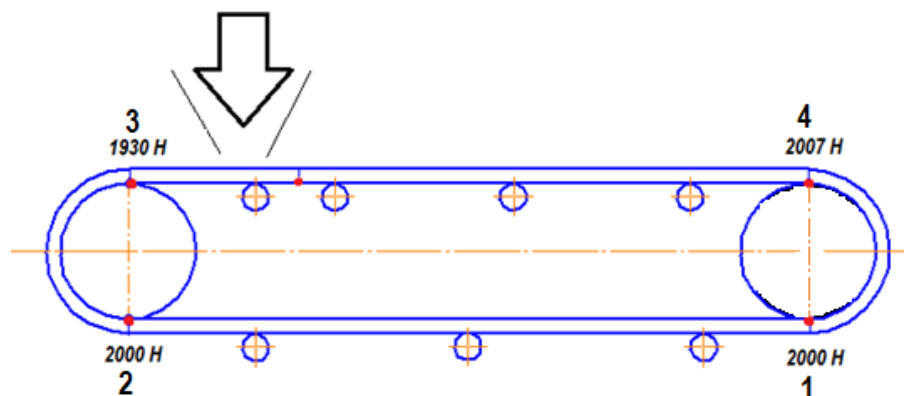


Рисунок 2.14 – Діаграма зусиль у стрічці

Признаємо відстань між роликоопорами (крок роликоопор) верхньої гілки – $l_p^e \approx 0,52$ м, а на нижній буде одна по середині, тобто – $l_p^h \approx 0,785$ м. Орієнтовну погонну вагу стрічки та обертових частин роликоопор визначаємо по ширині стрічки ($B=400$ мм):

$$q_c = l \cdot B / g = 1,1 \cdot 400 (1,4 + 0,8 \cdot 10 \cdot 3 / 200) / 9,81 = 67 \text{ Н/м},$$

Погонна вага вантажу на стрічці, Н/м:

$$q = P \cdot g / (3,6 \cdot V) = 3 \cdot 9,81 / (3,6 \cdot 0,4) = 20,8 \text{ Н/м},$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с².

Коефіцієнт опору руху стрічки по роликоопорах f_c приймається однаковим по всій довжині. При заданих умовах роботи (неопалювальне приміщення, нормальна вологість, наявність пилу) – $f_c = 0,04$.

Натяг у першій точці $S_1 = S_{36} = 2000$ Н.

Оскільки відхиляючий барабан на схемі відсутній, то

$$W_{1-2} = 0; \text{ а } S_2 = S_1 = 2000 \text{ Н}$$

Натяг у точці 3:

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} = 2000 - 70 = 1930 \text{ Н}.$$

Опір на горизонтальній порожній гілці між точками 2 і 3:

$$W_{2-3} = q_c + l \cdot f_c - q_c \cdot h = (67 + 20) 1,1 \cdot 0,04 - 67 \cdot 1,1 = 70 \text{ Н}$$

Перевіряємо натяг S_3 на відсутність недопустимого провисання.

$$S_3 = 1930 \text{ Н} > 10 \cdot q_c = 670 \text{ Н}.$$

Умова виконується.

Знаходимо найбільший натяг стрічки в точці 4 ($S_4 = S_{нб}$ – натяг набігання на привідний барабан):

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_3 + 0,04 \cdot S_3 = 1,04 \cdot S_3 = 1,04 \cdot 1930 = 2007 \text{ Н}.$$

Для перевірки натягу в точці після завантажувального лотка на відсутність недопустимого провисання знайдемо фактичне провисання:

$$y_\phi = (q_c + q) \cdot (l_p^B)^2 / (8 \cdot S_{\min}) = (67 + 20,8) \cdot (0,52)^2 / (8 \cdot 2746) \approx 0,0011 \text{ м}.$$

Припустиме провисання при $l_p^B = 0,52$ м:

$$[y] = (0,0125 \pm 0,025) \cdot l_p^B = (0,0125 \pm 0,025) 0,52 = 0,013 \text{ м}.$$

Фактичне провисання менше за припустиме, умова виконується.

$S_{нб} = S_4 = 2007$ Н, тобто умова $S_{нб} \leq S_{36} \cdot e^{f\alpha}$ виконується, стрічка не буде буксувати по приводному барабану, отримані натяги в характерних точках можна використовувати в подальших розрахунках.

Таким чином, сумарна потужність, необхідна для роботи технологічного комплексу обладнання на бетонних сумішах з синтетичними фіброві волокнами, може бути знайдена згідно залежності з урахуванням конкретних умов роботи

окремих видів устаткування і машин, що входять в запропонований технологічний комплект обладнання, який забезпечує поєднання окремих операцій у часі.

$$P_{\text{пит}} = d \cdot k \cdot i \cdot \pi \cdot \sin \alpha \frac{R^2 - r^2}{2} + \frac{S \cdot V}{\eta_2}$$

$$P_{\text{пит}} = 0,001 \cdot (1 \cdot 10^5) \cdot 14 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \frac{0,15^2 - 0,015^2}{2} + \frac{2007 \cdot 0,05}{0,95} = 1,25 \text{ кВт}$$

РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Структура ремонтного циклу

У процесі експлуатації технологічне обладнання поступово зношується, що може призводити до зниження його працездатності та аварійних зупинок. Для забезпечення безперебійної роботи машин застосовують систему планово-попереджувального ремонту (ППР) та систему технічного обслуговування і ремонту (СТОІР).

Основою цих систем є проведення профілактичних заходів через встановлені проміжки часу, що дозволяє запобігати передчасному виходу обладнання з ладу. Відповідно до нормативних вимог роботи поділяються на технічне обслуговування (ТО) та ремонтні роботи.

Система СТОІР спрямована на підтримання працездатності обладнання при мінімальних витратах матеріальних і трудових ресурсів. Вона включає:

- технічне обслуговування обладнання;
- виконання планових ремонтів;
- модернізацію та підвищення надійності машин;
- планування ремонтних робіт;
- забезпечення запасними частинами та матеріалами.

Основними напрямками вдосконалення СТОІР є:

- підвищення якості технічного обслуговування;
- застосування сучасних методів ремонту;
- механізація ремонтних робіт;
- удосконалення системи планування;
- підвищення кваліфікації ремонтного персоналу.

Ремонтний цикл – це повторюваний період експлуатації обладнання, протягом якого у визначеній послідовності виконуються всі види технічного обслуговування та ремонтів.

Міжремонтний період – це проміжок часу між двома однойменними ремонтами.

Структура ремонтного циклу визначає кількість і періодичність проведення технічних обслуговувань та ремонтів у процесі експлуатації обладнання.

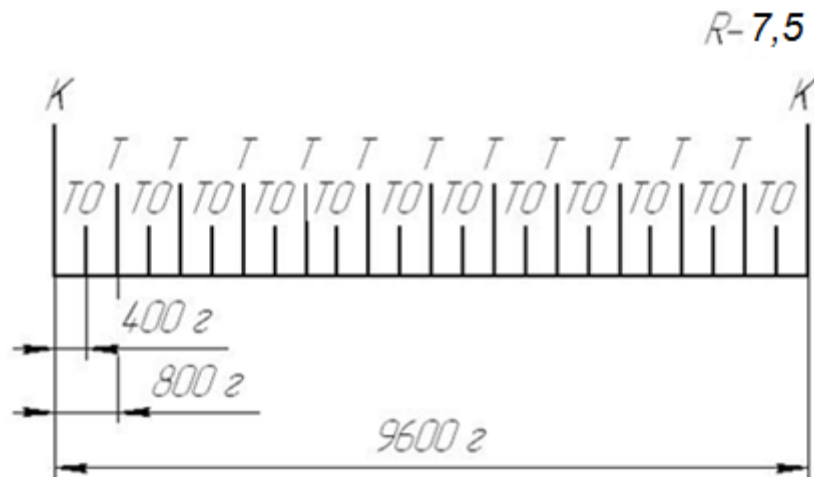


Рисунок 3.1 – Структура ремонтного циклу бетонозмішувача
К – 11 Т – 12 ТО

Кількість текучих ремонтів – 11 шт.;

Кількість технічних обслуговувань – 12 шт.;

Тривалість всього циклу – 9600 годин;

Тривалість міжремонтних періодів – 800 годин;

Тривалість між технічних обслуговувань – 400 годин;

Група ремонтної складності обладнання – $R=7,5$ од.р ем. складності.

Трудоємкість виконання ремонтних робіт за видами ремонтів, та обслуговування за видами робіт:

$$Q = k \cdot R, \text{ люд. год.}$$

де k – трудоємкість одиниці ремонтної складності;

R – група ремонтної складності обладнання.

Для капітального ремонту:

$$Q_{\text{слюс}} = k_{\text{с}} \cdot R = 30,0 \cdot 7,5 = 225 \text{ люд. год.}$$

$$Q_{\text{стан}} = k_{\text{м}} \cdot R = 9,0 \cdot 7,5 = 67,5 \text{ люд. год.}$$

$$Q_{\text{інші}} = k_{\text{і}} \cdot R = 11,0 \cdot 7,5 = 82,5 \text{ люд. год.}$$

Для текущего ремонту:

$$Q_{\text{слюс}} = k_{\text{с}} \cdot R = 3,8 \cdot 7,5 = 28,5 \text{ люд. год.}$$

$$Q_{\text{стан}} = k_{\text{м}} \cdot R = 1,0 \cdot 7,5 = 7,5 \text{ люд. год.}$$

$$Q_{\text{інші}} = k_{\text{і}} \cdot R = 1,2 \cdot 7,5 = 9 \text{ люд. год.}$$

Для технічних обслуговувань:

$$Q_{\text{слюс}} = k_{\text{с}} \cdot R = 0,5 \cdot 7,5 = 3,75 \text{ люд. год.}$$

$$Q_{\text{стан}} = K_M \cdot R = 0,05 \cdot 7,5 = 0,375 \text{ люд. год.}$$

$$Q_{\text{інші}} = K_i \cdot R = 0,4 \cdot 7,5 = 3 \text{ люд. год.}$$

Планова тривалість знаходження обладнання у ремонті та технічному обслуговуванні в залежності від змінності проведення ремонтних робіт:

$$n_0 = N \cdot R, \text{ днів}$$

де N – норма знаходження в ремонті на одиницю ремонтної складності.

Для капітального ремонту:

$$n_0 = N \cdot R = 0,87 \cdot 7,5 = 6,525 \text{ днів}$$

$N = 0,47$ – для капітального ремонту

Для текучого ремонту:

$$n_0 = N \cdot R = 0,22 \cdot 7,5 = 1,65 \text{ днів}$$

$N = 0,12$ – для текучого ремонту

Для технічних обслуговувань:

$$n_0 = N \cdot R = 0,1 \cdot 7,5 = 0,75 \text{ днів}$$

$N = 0,1$ для технічних обслуговувань

Одержані результати заносимо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1– Результати розрахунків

Вид ремонту	Кількість	Види робіт та трудоемкість, люд. год.						Всього За рем. цикл.	Знаходження у ремонті, днів	
		Слюсарні		Станочні		Інші			норма на 1 ремонтної складност і	Всього За рем. цикл.
		К _с	Трудоє мкість	К _м	Трудоє мкість	К _і	Трудоє мкість			
К	1	30,0	225	9,0	67,5	11,0	82,5	375	0,87	6,525
Т	11	3,8	28,5	1,0	7,5	1,2	9	495	0,22	18,15
ТО	12	0,5	3,75	0,05	0,375	0,4	3	85,5	0,1	9
Усього								955,5		33,675

3.2 Особливості експлуатації машини та її основних вузлів

Підготовка бетонозмішувача до роботи виконується після завершення монтажу обладнання. Перед запуском необхідно перевірити відсутність механічних пошкоджень електрообладнання, надійність кріплень та справність заземлення. Після цього проводять налагодження режимів роботи механізмів і встановлюють обладнання у вихідне положення.

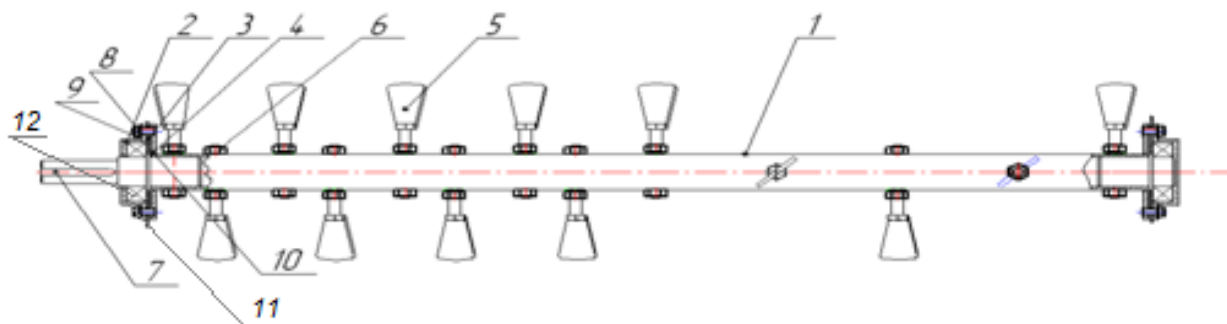


Рисунок 3.2 – Схема вузла

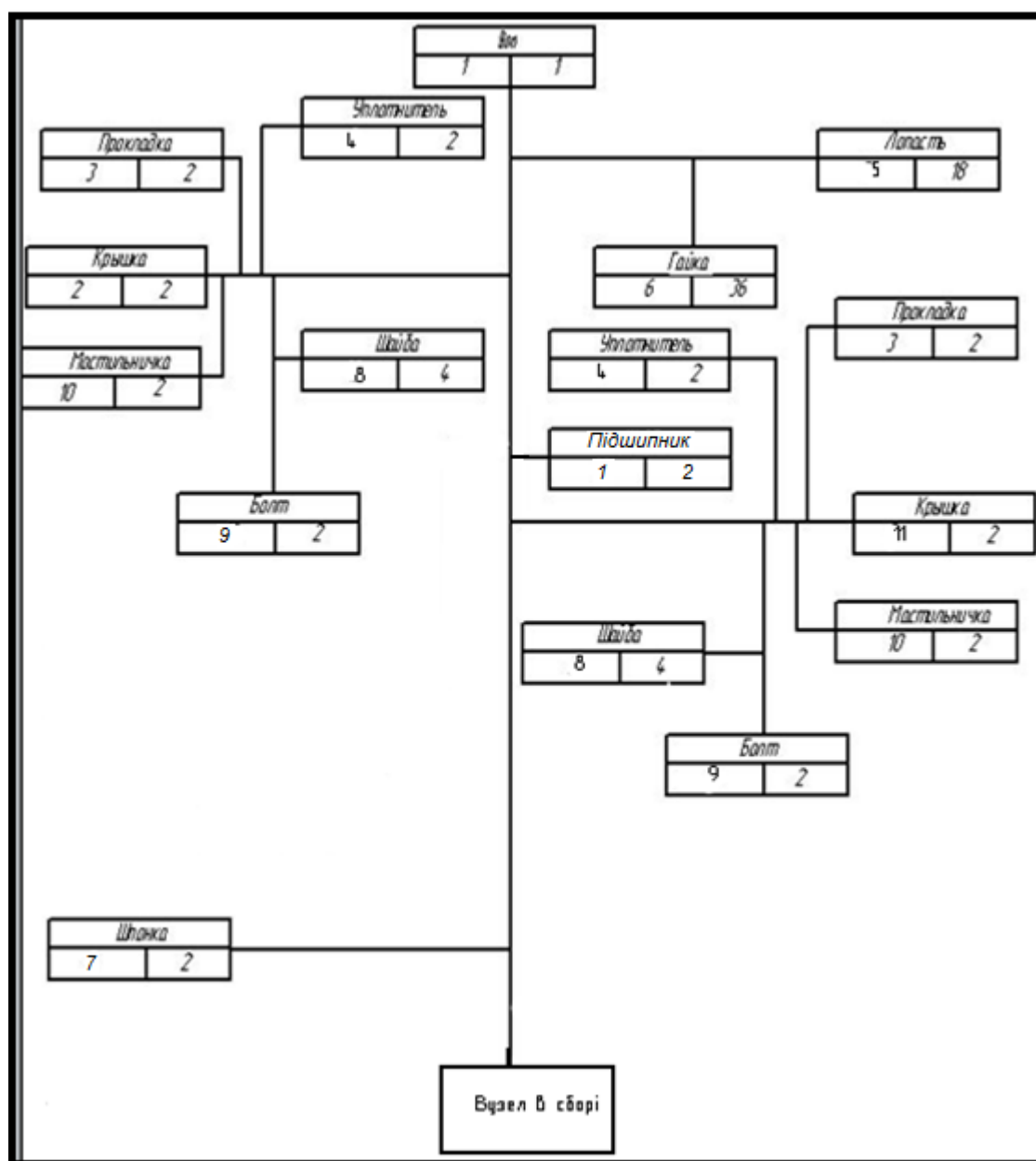


Рисунок 3.2 – Схема зборки вузла

Експлуатація обладнання здійснюється відповідно до заводських інструкцій та вимог з технічної експлуатації, охорони праці й промислової безпеки. Технічне обслуговування включає комплекс профілактичних заходів, спрямованих на підтримання обладнання у працездатному стані, зменшення зношування та своєчасне виявлення несправностей.

Під час експлуатації виконують:

- очищення обладнання;
- перевірку та підтягування болтових з'єднань;
- контроль стану приводів і муфт;
- регулювання механізмів;
- своєчасне змащення вузлів тертя;
- усунення дрібних несправностей.

У процесі роботи контролюються:

- якість перемішування суміші;
- натяг клинопасових передач;
- температура роботи вузлів;
- споживана потужність приводу.

Щозмінне технічне обслуговування передбачає огляд основних вузлів і перевірку роботи механізмів. Під час технічного обслуговування ТО виконують підтягування кріплень, огляд підшипників, редуктора, зубчастих передач та заміну мастила.

Поточний ремонт включає очищення внутрішніх поверхонь змішувача, перевірку кріплення лопатей, промивання та заміну мастила в підшипниках, а також регулювання роботи машини. Під час ремонту другого рівня додатково виконують ремонт лопатей, редуктора, корпусів підшипників і заміну зношених деталей.

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання вузлів машини, очищення та перевірку деталей, заміну зношених елементів і відновлення працездатності обладнання.

Для забезпечення довговічної та надійної роботи обладнання всі вузли підлягають регулярному змащенню відповідно до карт мащення із застосуванням мінеральних мастил та консистентних змащувальних матеріалів.

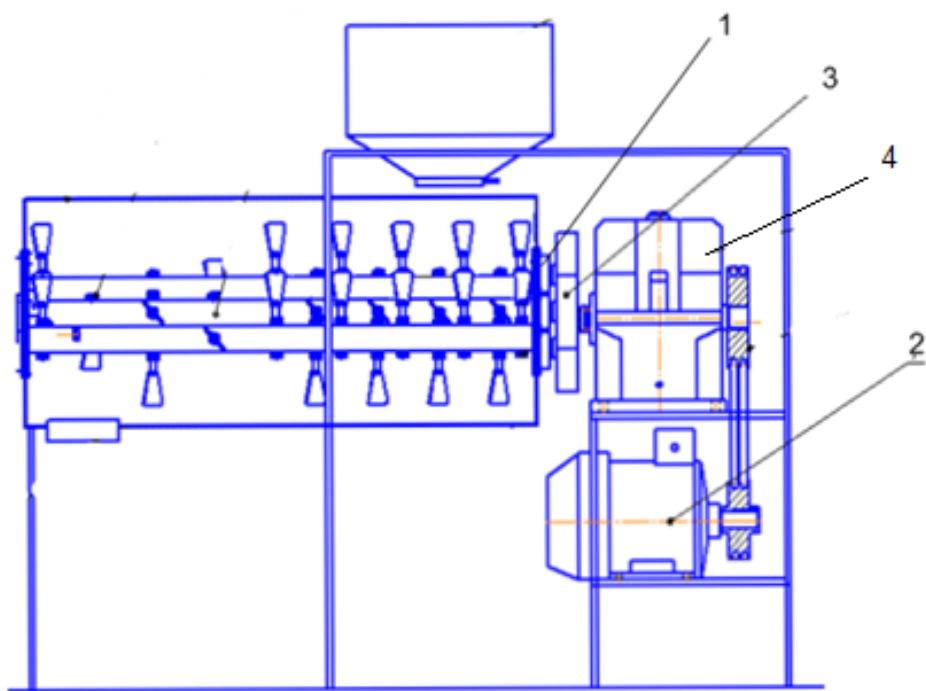


Рисунок 3.3 – Схема бетонозмішувача

Таблиця 3.2– Карта змащення

Назва та позиція у схемі	Кількість	Деталь, що змащується	Метод змащування	Режим змащування	Матеріал змащування				
					марки	ГОСТ	Витрати, кг		
							на змащення	на повну зам.	річні
Вал, 1	2	Підшипник	Прес-масленка	1 раз в мес.	Прес-солідол С	4366-64	0,001	0,31	1,98
Електродвигун, 2	1	Підшипник	Прес-масленка	Заміна 1 раз в 3 мес.	Змазка 1-13 жирова	1631-61	-	0,16	0,64
Зубчаста пара, 3	2	Контакт зубчастої пари	У ємкості для змащування	2 рази в місяць	Ак-15, Ак-6			0,26	1,56
Редуктор, 4	1	Підшипник з корпусом	Розбір, окунання	доливка	Ак-15, Ак-6			0,26	1,56

3.3 Відновлення валу

Вибір заготовки

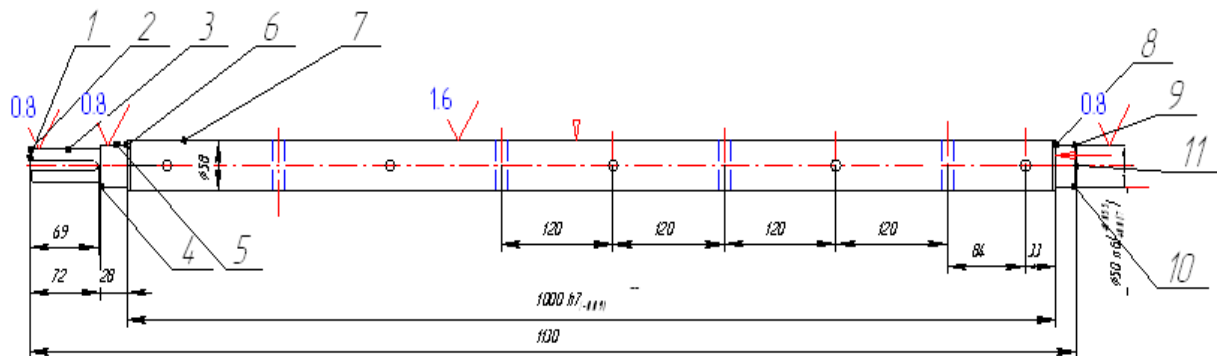


Рисунок 3.4 – Схема валу

Таблиця 3.2 – Технологічний маршрут обробки

№п/п	Найменування операцій, баз	Верстат	Оснащення
005	Відрізна, базування по зовнішній поверхні	механічна ножівка	Лещата
010	Торцювально-центровочна, поверхні-1,11 базування по зовнішній поверхні	горизонтально-фрезерний	Призми, прихвати
015	Чорнове точіння пов 3,5,7,9. Напівчистове точіння пов. 3,5,9. Обточити фаски 2, 10. Центри	універсальний токарно-гвинторізний 1К62	Хомутик, центра
020	Фрезерування шпоночного паза, базування по зовнішній поверхні	Шпонково-фрезерний 6930	Призми, прихвати
025	Загартування. Базування в центрах	—	Індуктор, тиски
030	Шліфування однократне пов. 3,9. Базування в центрах	кругло-шліфувальний 3М151	Центри

Для виготовлення деталі в якості заготовки обрано гарячекатаний прокат зі сталі 45 відповідно до ГОСТ 1050-88. Оскільки максимальний діаметр ступені вала становить 58 мм, діаметр заготовки приймається 62 мм з урахуванням необхідних припусків на механічну обробку.

З урахуванням вимог креслення щодо класів шорсткості поверхонь і квалітетів точності розроблено технологічний маршрут механічної обробки вала, який відповідає умовам дрібносерійного виробництва.

Визначаємо довжину заготовки L_p з урахуванням припусків на розрізку Z_p механічною ножівкою та Z_n – на підрізку торців, $Z_p = 2$ мм та $Z_n = 3$ мм.

Тоді

$$L_p = L_n + Z_p + 2 Z_n = 1130 + 2 + 6 = 1138 \text{ мм.}$$

Визначення режиму різання

Операція 005 відрізна.

Відрізка заготовки.

Відрізку заготовки виконуємо механічною ножівкою. Час на відрізання заготовки механічною ножівкою розраховується за формулою:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D^2}{4fn} = \frac{3,14 \cdot D^2}{4 \cdot 1,5 \cdot 60} = 0,0087 D^2 = 0,0087 \cdot 62^2 = 3,4 \text{ хв.}$$

де f – ширина полотна ножівки, мм;

n – кількість рухів.

Операція 010 Торцювально-центровочна.

Підрізання торців.

1. Глибина різання $t = 3$ мм.
2. Подача $S = 0,6$ мм/об
3. Визначаємо швидкість різання $V = 95$ м/хв
4. Частота обертання:

$$n = \frac{10^3 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 95}{3,14 \cdot 62} = 487 \text{ об/хв.}$$

5. Час різання:

$$T_p = \frac{62}{487 \cdot 0,6} 2 = 0,42 \text{ хв.}$$

6. Загальний час на обробку:

$$T_{\text{шт1}} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,42 = 0,9 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт, для токарних робіт дорівнює 2, 14

Операція 015.

Токарна. Обробка поверхні 3

Визначаємо припуск на різання

$$t = \frac{62 - 50}{2} = 6 \text{ мм}$$

Чорнове точіння поверхні 3.

Так як поверхня 3 обробляються по 8 класу шорсткості, то загальний припуск розбивають на чорновий $z_{\text{ч}} = 4$ мм, напівчистовий $z_{\text{н}} = 1,5$ мм та на чистовий $z = 0,5$ мм.

1. Глибина різання $t = 4$ мм

Кількість проходів $i = 1$

2. Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини T5K10

3. Вибір подачі

$$S_{\text{от}} = 0,4 - 0,5 \text{ мм/об}$$

Вибір швидкості різання

$$V_T = 82 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 62} = 421 \text{ об/хв.}$$

4. Коректуємо частоту за паспортом верстата 1A616

$$n = 450 \text{ об/хв.}$$

5. Визначаємо фактичну швидкість різання

$$V_{\phi_1} = \frac{\pi \cdot D_n \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 58 \cdot 450}{1000} = 87,6 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{оп}} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{\text{хв}_1} = S_{\text{оп}_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,49 \cdot 450 = 283,5 \text{ мм/хв}$$

7. Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{\text{рх}} \cdot i}{S_{\text{хв}}} = \frac{81 \cdot 1}{283,5} = 0,3 \text{ хв.}$$

де $L_{\text{рх}}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{\text{рх}} = L + l_1 + l_2 + l_3$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 72$ мм

l_1 – не дохід $l_1 = 5$ мм

$l_2 + l_3$ – врізання та перебіг

$$L_{\text{рх}} = 72 + 5 + 4 = 81 \text{ мм}$$

8. Штучний час складає

$$T_{шт2} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,3 = 0,65 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт.

Напівчистове точіння поверхні 3

1. Кількість проходів $i = 1$, глибина $t=1,5$ мм.

Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

2. Вибір подачі

$$S_{om} = 0,49 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \quad [2] \text{ с40, к4, л1}$$

3. Вибір швидкості різання

$$V_T = 126 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \quad [2] \text{ с74, к21, л2}$$

4. Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 126}{3,14 \cdot 62} = 647 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

5. Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,49 \cdot 710 = 347,9 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

6. Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{81 \cdot 1}{347,9} = 0,25 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ - довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2 + l_3$$

де L - довжина обробки за операційним ескізом $L = 72$ мм

l_1 - не дохід $l_1 = 5$ мм

$l_2 + l_3$ - врізання та перебіг $l_2 + l_3 = 4$ мм

$$L_{p.x.} = 72 + 5 + 4 = 81 \text{ мм}$$

8. Штучний час складає

$$T_{шт} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,25 = 0,53 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт [с.173, 12].

Чистове точіння поверхні 3

1. Глибина $t=0,5$ мм, кількість проходів $i = 1$,

2. Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,28 \frac{мм}{об} \quad [2] \text{ с46, к6, л1}$$

4.Вибір швидкості різання

$$V_T = 180 \frac{м}{хв} \quad [2] \text{ с81, к21, л8}$$

5.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 62} = 924 \frac{об}{хв}.$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{хв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{хв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,28 \cdot 950 = 266 \frac{мм}{хв}$$

7.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{хв}} = \frac{81 \cdot 1}{266} = 0,4 \text{ хв}.$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 72 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 72 + 5 + 4 = 81 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \phi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,4 = 0,9 \text{ хв}.$$

де ϕ – поправочний коефіцієнт.

Операція 015.

Токарна. Обробка поверхні 5

Визначаємо припуск на різання

$$t = \frac{62 - 56}{2} = 3 \text{ мм}$$

Так як поверхня 5 обробляється по 8 класу шорсткості, то загальний припуск розбивають на чорновий $z_n = 1,5 \text{ мм}$, напівчистовий $z_n = 1 \text{ мм}$, чистовий $z_n = 0,5 \text{ мм}$.

Чорнове точіння поверхні 5

1.Глибина різання $t=1,5 \text{ мм}$

Кількість проходів 1

2.Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,73 \text{ мм/об}$$

4.Вибір швидкості різання

$$V_T = 121 \text{ м/хв}$$

5.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 62} = 616 \text{ об/хв.}$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,73 \cdot 560 = 408,8 \text{ мм/хв}$$

7.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{35 \cdot 1}{408,8} = 0,2 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 28 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 28 + 5 + 2 = 35 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \phi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,2 = 0,43 \text{ хв.}$$

де ϕ – поправочний коефіцієнт.

Напівчистове точіння поверхні 5

1. Кількість проходів $i = 1$, глибина $t = 1 \text{ мм}$.

Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

2.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,49 \text{ мм/об}$$

3.Вибір швидкості різання

$$V_T = 146 \text{ м/хв}$$

4.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 59} = 588 \text{ об/хв.}$$

5.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,49 \cdot 560 = 274 \text{ мм/хв}$$

6.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{35 \cdot 1}{274} = 0,18 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 28 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врзання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 28 + 5 + 2 = 35 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,18 = 0,39 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт.

Чистове точіння поверхні 5

1.Глибина $t=0,5 \text{ мм}$, кількість проходів $i = 1$.

2.Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,25 \text{ мм/об}$$

4.Вибір швидкості різання

$$V_T = 308 \text{ м/хв} \quad 2 \text{] с81, к21, л8}$$

5.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 308}{3,14 \cdot 57} = 1220 \text{ об/хв.}$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,25 \cdot 1120 = 280 \text{ мм/хв}$$

7.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{35 \cdot 1}{280} = 0,12 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 28 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 28 + 5 + 2 = 35 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \phi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,12 = 0,23 \text{ хв.}$$

де ϕ – поправочний коефіцієнт.

Операція 015.

Токарна. Обробка поверхні 7

Визначаємо припуск на різання

$$t = \frac{62 - 58}{2} = 2 \text{ мм}$$

Так як поверхня 7 обробляється по 7 класу шорсткості, то загальний припуск розбивають на чорновий $z_n = 1,5 \text{ мм}$, чистовий $z_n = 0,5 \text{ мм}$.

Чорнове точіння поверхні 7

1.Глибина різання $t = 1,5 \text{ мм}$, кількість проходів $i = 1$

2.Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,83 \text{ мм/об}$$

4.Вибір швидкості різання

$$V_T = 121 \text{ м/хв}$$

5.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 62} = 621 \text{ об/хв.}$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,83 \cdot 560 = 464 \text{ мм/хв}$$

7.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{1007 \cdot 1}{464} = 2,17 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 1000 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 1000 + 5 + 2 = 1007 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \phi \cdot T_p = 2,14 \cdot 2,17 = 4,64 \text{ хв.}$$

де ϕ – поправочний коефіцієнт.

Чистове точіння поверхні 7

1.Глибина $t=0,5 \text{ мм}$, кількість проходів $i = 1$.

2.Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,28 \text{ мм/об}$$

4.Вибір швидкості різання

$$V_T = 348 \text{ м/хв}$$

5.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 308}{3,14 \cdot 59} = 1108 \text{ об/хв.}$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,28 \cdot 1120 = 313 \text{ мм/хв}$$

7.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{1007 \cdot 1}{313} = 3,2 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 1000 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 1000 + 5 + 2 = 1007 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 3,2 = 6,9 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт.

Операція 015. Токарна

Обробка поверхні 9

Визначаємо припуск на різання

$$t = \frac{62 - 56}{2} = 3 \text{ мм}$$

Так як поверхня 9 обробляється по 8 класу шорсткості, то загальний припуск розбивають на чорновий $z_n = 1,5 \text{ мм}$, напівчистовий $z_n = 1 \text{ мм}$, чистовий $z_n = 0,5 \text{ мм}$.

Чорнове точіння поверхні 9

1.Глибина різання $t=1,5 \text{ мм}$

Кількість проходів 1

2.Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,73 \text{ мм/об}$$

4.Вибір швидкості різання

$$V_T = 121 \text{ м/хв}$$

5.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 62} = 616 \text{ об/хв.}$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,73 \cdot 560 = 408,8 \text{ мм/хв}$$

7.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{27 \cdot 1}{408,8} = 0,18 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 20 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 20 + 5 + 2 = 27 \text{ мм}$$

8.Штучний час складає

$$T_{шт} = \phi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,18 = 0,39 \text{ хв.}$$

де ϕ – поправочний коефіцієнт.

Напівчистове точіння поверхні 9

1. Кількість проходів $i = 1$, глибина $t = 1 \text{ мм}$.

Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

2.Вибір подачі

$$S_{om} = 0,49 \text{ мм/об}$$

3.Вибір швидкості різання

$$V_T = 146 \text{ м/хв}$$

4.Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 59} = 588 \text{ об/хв.}$$

5.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,49 \cdot 560 = 274 \text{ мм/хв}$$

6.Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{27 \cdot 1}{274} = 0,16 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 20 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 20 + 5 + 2 = 27 \text{ мм}$$

8. Штучний час складає

$$T_{шт} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,16 = 0,36 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт.

Чистове точіння поверхні 9

1. Глибина $t=0,5 \text{ мм}$, кількість проходів $i = 1$.

2. Вибір ріжучого інструменту: різець прохідний упорний із твердого сплаву, матеріал ріжучої частини Т5К10

3. Вибір подачі

$$S_{om} = 0,25 \text{ мм/об}$$

4. Вибір швидкості різання

$$V_T = 308 \text{ м/хв}$$

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 308}{3,14 \cdot 57} = 1220 \text{ об/хв.}$$

6. Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S_{op} \cdot n_{\phi}$$

$$S_{xв_1} = S_{op_1} \cdot n_{\phi_1} = 0,25 \cdot 1120 = 280 \text{ мм/хв}$$

7. Визначаємо час різання

$$T_p = \frac{L_{px} \cdot i}{S_{xв}} = \frac{27 \cdot 1}{280} = 0,11 \text{ хв.}$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, мм

$$L_{p.x.} = L + l_1 + l_2$$

де L – довжина обробки за операційним ескізом $L = 20 \text{ мм}$

l_1 – не дохід $l_1 = 5 \text{ мм}$

l_2 – врізання $l_2 = 2 \text{ мм}$

$$L_{p.x.} = 20 + 5 + 2 = 27 \text{ мм}$$

8. Штучний час складає

$$T_{шт} = \varphi \cdot T_p = 2,14 \cdot 0,12 = 0,2 \text{ хв.}$$

де φ – поправочний коефіцієнт.

Фрезерування шпоночного паза

Так як шпонка призматична, то паз виготовляємо кінцевою фрезою діаметром 20. Тому перед фрезеруванням необхідно виконати отвір того ж діаметра свердлінням.

1. Глибина різання при фрезеруванні $t = 10 \text{ мм}$

2. Подачу знаходимо для фрези з швидкоріжучої сталі (P18) $S = 0,02 - 0,015 \text{ мм/зуб.}$

3. Знаходимо швидкість різання $V = 20 \text{ м/хв.}$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 20} = 318 \text{ м/хв}$$

Час різання поверхні 12.

$$T_{шт} = 0,00052 \cdot d \cdot l = 0,0005 \cdot 20 \cdot 150 \cdot 2 = 3,12 \text{ хв.}$$

Шліфування поверхні 3 та 9

Виконується після загартування. Виконуємо на круглошліфувальному верстаті методом врізання. Припуск на обробку – не більше 0,2 мм. Звідти знаходимо подачу $S = 1,2 \text{ мм/мин}$, швидкість обертання заготовки 35 м/хв.

Час шліфування 2-х пов. 5, 17

$$T_{шт} = (0,0001dl) \cdot 2 = 0,0001 \cdot 120,6 \cdot 60 \cdot 2 = 1,5 \text{ хв.}$$

Визначення сумарного часу на виконання операцій.

$$\sum T_{шт} = T_{шт} + T_{шт} + \dots + T_{шт} = 3,4 + 0,9 + 0,65 + 0,53 + 0,4 + 0,9 + 0,43 + 0,39 + 0,23 + 4,64 + 6,9 + 0,39 + 0,36 + 0,2 + 3,12 + 1,5 = 25,94 \text{ хв.} \approx 26 \text{ хв.}$$

Визначення сили прижиму заготовки.

Визначення сили прижиму заготовки розглянемо на прикладі фрезерування шпоночного паза розміром $69 \times 10 \text{ мм}$.

Крутний момент від сили різання при свердлінні:

$$M = C_M \cdot D^{q_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_p = 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,66^{0,8} \cdot 1 = 2,47 \text{ кг·м,}$$

де $C_M = 0,345$; $K_p \approx 1$; $y_m = 0,8$; $q_m = 2$.

Для фрезерування шпоночних пазів вал встановлюють в призми і притискають прихватом. Розрахункова схема приведена на рис.3.5. Як видно з рис. 3.5 зусилля подачі та сила зажиму однаково направлені та притискають вал до поверхні призми.

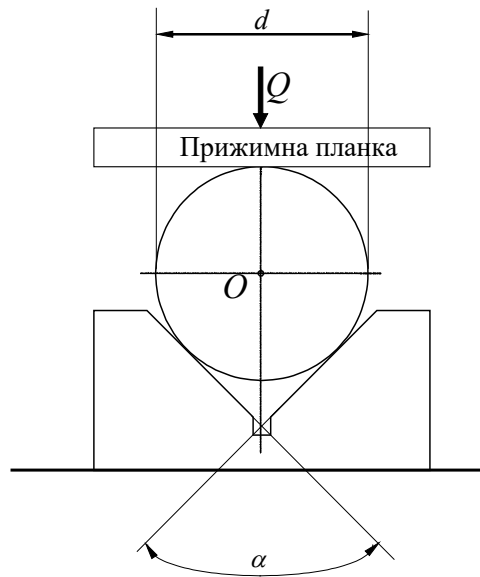


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

Сила зажиму Q без врахування сили подачі визначається з умови:

$$Qf_1 + Qf_2 \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{2kM}{d}, \text{ або } Q = \frac{2kM}{\left(f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2}\right) \cdot d}$$

де f_1 та f_2 – коефіцієнти тертя заготовки в місцях затиску та на опорах;

d – діаметр фрези, м;

α – кут при вершині призми;

k – коефіцієнт запасу.

Приймаємо $f_1 = f_2 = 0,2$; $\alpha = 90^\circ$; $k = 1,5$, з урахуванням $M = 7,5 \text{ кг}\cdot\text{мм}$, отримаємо:

$$Q = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 2,47 \cdot 1000}{(0,2 + 0,2 \sin 45) \cdot 10} = 5,8 \text{ т} = 58 \text{ кН}.$$

Осьова сила різання дозволяє зменшити силу зажиму на величину:

$$P_0 = C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p = 68 \cdot 10^1 \cdot 0,66^{0,7} \cdot 1 = 0,7 \text{ т} = 7 \text{ кН}$$

де $C_p = 68$; $q_p = 1$; $y_p = 0,7$.

Тоді, сила зажима складе:

$$Q_3 = Q - P_0 = 58 - 7 = 51 \text{ кН}.$$

Якщо вал притискається двома накладками до граней призми, а кожна накладка притягається двома болтами, тому на один болт сила затяжки P дорівнює:

$$P = \frac{Q}{4} = \frac{51}{4} = 12,75 \text{ кН, що допустимо.}$$

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Виробнича санітарія

Шкідливі та небезпечні фактори під час експлуатації комплексу обладнання для виробництва будівельної суміші з синтетичною фіброю

Під час роботи технологічного комплексу обладнання для приготування та транспортування будівельних сумішей із синтетичною фіброю на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Відповідно до вимог ДСТУ та системи стандартів безпеки праці, такі фактори поділяються на фізичні, хімічні, психофізіологічні та механічні.

До основних фізичних факторів належать:

- підвищений рівень шуму під час роботи бетонозмішувачів, елеваторів, конвеєрів та приводних механізмів;
- вібрації, що виникають при роботі змішувального та транспортуючого обладнання;
- підвищена запиленість повітря робочої зони цементним і мінеральним пилом;
- рухомі частини машин і механізмів;
- недостатній рівень освітлення робочих місць;
- підвищена температура поверхонь електродвигунів та редукторів;
- небезпека ураження електричним струмом.

До хімічних факторів відносять:

- цементний пил;
- хімічні добавки до будівельних сумішей;
- полімерні компоненти синтетичної фібри;
- мастильні матеріали та технічні рідини.

Вплив пилу та хімічних речовин може викликати подразнення органів дихання, слизових оболонок очей та шкіри, а також алергічні реакції.

До психофізіологічних факторів належать:

- фізичне навантаження при обслуговуванні обладнання;
- нервово-емоційне напруження;
- монотонність виробничих операцій;
- підвищена відповідальність під час контролю роботи автоматизованих систем.

Основними небезпечними факторами є:

- захоплення одягу або частин тіла рухомими елементами конвеєрів та елеваторів;
- падіння працівників при обслуговуванні обладнання на висоті;
- травмування при ремонті та очищенні робочих органів;
- аварійне руйнування елементів транспортуючих систем.

Для забезпечення безпечних умов праці обладнання повинно відповідати вимогам:

- ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин»;
- ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
- ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму».

Захист від шуму та вібрації

Під час роботи бетонозмішувачів, стрічкових конвеєрів, ківшових елеваторів та приводних механізмів виникають шум і вібрації, які негативно впливають на організм людини. Тривалий вплив шуму може спричиняти зниження слуху, підвищену втому, погіршення концентрації уваги та зниження працездатності.

Основними джерелами шуму є:

- електродвигуни;
- редуктори;
- барабани та ролики конвеєрів;
- бетонозмішувачі;
- ударні навантаження під час транспортування щебеню та піску.

Для зменшення шуму передбачаються такі заходи:

- застосування сучасних мотор-редукторів зі зниженим рівнем шуму;
- балансування обертових елементів;
- використання гумових амортизаторів і віброопор;
- встановлення шумоізолюючих кожухів;
- регулярне технічне обслуговування обладнання;
- змащування рухомих вузлів.

Для індивідуального захисту працівників використовують:

- протишумові навушники;
- вкладиші для захисту органів слуху;
- віброзахисні рукавиці та спецвзуття.

Для зменшення вібрації обладнання встановлюють на спеціальні віброізолюючі опори або гумометалеві амортизатори. Також застосовують прогумовані настили на робочих майданчиках.

Допустимі рівні шуму та вібрації повинні відповідати вимогам:

- ДСН 3.3.6.037-99;
- ДСТУ ISO 2631-1:2004.

Вентиляція та очищення повітря робочої зони

Під час приготування будівельних сумішей із синтетичною фіброю в повітря робочої зони виділяється значна кількість пилу, що утворюється при транспортуванні цементу, піску та мінеральних добавок.

Найбільш інтенсивне пилоутворення виникає:

- під час завантаження цементу;
- при роботі елеваторів і конвеєрів;
- у процесі змішування компонентів;
- при пересипанні інертних матеріалів.

Цементний пил негативно впливає на органи дихання, слизові оболонки та шкіру людини. Тривала робота у запиленому середовищі може призвести до професійних захворювань органів дихання.

Для забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища застосовують:

- загальнообмінну вентиляцію;
- місцеві аспіраційні системи;
- циклони та рукавні фільтри;
- герметизацію вузлів пересипання матеріалів;
- закриті транспортуючі системи.

У місцях найбільшого виділення пилу встановлюють місцеві відсмоктувачі. Повітря після очищення у фільтрах може повторно подаватися у виробниче приміщення або викидатися в атмосферу відповідно до екологічних норм.

Для індивідуального захисту працівників використовують:

- респіратори;
- захисні окуляри;
- спецодяг і спецвзуття.

Концентрація пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати гранично допустимих норм, установлених:

- ДСН 3.3.6.042-99;
- ДСТУ EN 481:2022.

Електробезпека

Технологічне обладнання комплексу працює від електричної мережі та містить значну кількість електроприводів, пускової апаратури й систем автоматизації. У зв'язку з цим існує небезпека ураження електричним струмом.

Для забезпечення електробезпеки необхідно:

- виконувати захисне заземлення обладнання;
- використовувати автоматичні вимикачі та пристрої захисного вимкнення;
- застосовувати кабелі із захисною ізоляцією;
- проводити періодичний контроль стану електромережі;
- використовувати блокування та аварійні вимикачі.

Обслуговування електрообладнання повинно виконуватися лише кваліфікованим персоналом.

Пожежна безпека

Під час роботи обладнання можливе виникнення пожежонебезпечних ситуацій через коротке замикання, перегрів електродвигунів або займання пилу.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачаються:

- автоматичний захист електродвигунів від перевантаження;
- встановлення порошкових та вуглекислотних вогнегасників;
- дотримання правил експлуатації електрообладнання;
- очищення обладнання від пилу;
- вільний доступ до евакуаційних виходів.

Виробничі приміщення повинні відповідати вимогам:

- ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- Правил пожежної безпеки в Україні.

Засоби індивідуального захисту працівників

Працівники, які обслуговують комплект обладнання для виробництва будівельної суміші із синтетичною фіброю, повинні бути забезпечені:

- спецодягом;
- захисним взуттям;
- рукавицями;
- захисними окулярами;
- респіраторами;

- протишумовими навушниками;
- захисними касками.

Застосування засобів індивідуального захисту дозволяє зменшити вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів та забезпечити безпечні умови праці.

4.2 Заходи безпеки

Заходи безпеки під час експлуатації комплекту обладнання для виробництва будівельної суміші із синтетичною фіброю

Експлуатація технологічного комплекту обладнання для виробництва будівельної суміші із синтетичною фіброю повинна здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів з охорони праці, інструкцій заводів-виробників обладнання та правил безпечної експлуатації машин і механізмів.

До складу технологічного комплекту входять: бетонозмішувач; стрічкові конвеєри; ківшові елеватори; дозувальні пристрої; системи подачі синтетичної фібри; електроприводи та пульти керування.

Під час роботи обладнання необхідно забезпечити: справний технічний стан усіх механізмів; надійне заземлення електрообладнання; безпечне розташування робочих місць; належне освітлення виробничих зон; наявність захисних огорожень рухомих частин; функціонування аварійних вимикачів та блокувальних пристроїв.

До обслуговування обладнання допускаються особи не молодше 18 років, які: пройшли медичний огляд; пройшли навчання та перевірку знань з охорони праці; мають відповідну кваліфікацію; ознайомлені з інструкціями з техніки безпеки.

Перед початком роботи оператор повинен:

- перевірити справність обладнання; оглянути стан електропроводки; перевірити наявність захисних кожухів та огорожень; перевірити роботу аварійного вимкнення; переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочих зонах машин.

Під час експлуатації обладнання забороняється: працювати зі знятими захисними огороженнями; виконувати ремонт або очищення обладнання при ввімкненому приводі; перевищувати допустиме навантаження на транспортуючі системи;

- допускати сторонніх осіб у зону роботи обладнання; залишати працююче обладнання без нагляду.

У зоні роботи обладнання повинні бути встановлені: попереджувальні знаки безпеки; інформаційні таблички; схеми евакуації; інструкції з охорони праці.

Технічне обслуговування та ремонт обладнання виконують лише після повного відключення електроживлення. На пускових пристроях необхідно вивішувати попереджувальні плакати: «Не вмикати – працюють люди».

Під час виконання робіт поблизу електричних мереж необхідно дотримуватися вимог електробезпеки відповідно до:

- ДСТУ EN 60204-1:2015;
- Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Вимоги безпеки під час монтажу та ремонту обладнання

Монтаж, демонтаж і ремонт технологічного обладнання повинні виконуватися відповідно до затверджених технологічних карт та проєкту виконання робіт.

Перед початком монтажних робіт необхідно:

- перевірити справність вантажопідіймальних механізмів;
- огородити небезпечні зони;
- забезпечити стійкість конструкцій;
- перевірити справність інструменту та пристроїв.

При монтажі елеваторів, конвеєрів та змішувального обладнання особливу увагу приділяють:

- правильності центрування валів і барабанів;
- надійності кріплення металоконструкцій;
- точності натягу стрічок та ланцюгів;
- правильності підключення електроприводів.

Ремонтні роботи дозволяється виконувати лише після:

- повної зупинки обладнання;
- відключення живлення;
- блокування пускових пристроїв;
- вивішування попереджувальних знаків.

Під час ремонту забороняється:

- виконувати роботи на рухомих механізмах;
- користуватися несправним інструментом;
- працювати без засобів індивідуального захисту;
- залишати інструмент на робочих поверхнях обладнання.

Для проведення електромонтажних робіт необхідно використовувати:

- діелектричні рукавиці;
- гумові килимки;
- інструмент з ізольованими ручками;
- переносне освітлення напругою не більше 42 В.

Безпечна організація праці під час експлуатації обладнання

Організація робочих місць повинна забезпечувати безпечне та зручне виконання виробничих операцій.

Робочі місця повинні відповідати таким вимогам:

- проходи та проїзди мають бути вільними;
- поверхня підлоги повинна бути неслизькою;
- робоча зона повинна мати достатнє освітлення;
- органи керування мають бути легкодоступними;
- аварійні вимикачі повинні бути позначені та доступні оператору.

Для попередження травматизму рухомі частини обладнання необхідно обладнати:

- металевими кожухами;
- захисними сітками;
- блокувальними пристроями;
- сигнальними системами.

Під час роботи обладнання необхідно контролювати:

- рівень шуму та вібрації;
- температуру підшипників і редукторів;
- стан стрічок, ковшів і ланцюгів;
- справність датчиків та систем автоматизації.

У разі виникнення стороннього шуму, вібрацій або перегріву обладнання роботу необхідно негайно припинити та усунути несправність.

Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: захисні каски; окуляри; респіратори; рукавиці; спецодяг; захисне взуття; протишумові навушники.

4.3 Пожежна безпека

Категорія виробництва за вибухопожежною небезпекою

Технологічний процес виробництва будівельних сумішей із синтетичною фіброю пов'язаний переважно з використанням негорючих матеріалів: цементу, піску, щебеню та мінеральних добавок.

Відповідно до вимог ДБН та НАПБ виробництво належить до категорії Д за вибухопожежною небезпекою, оскільки технологічний процес пов'язаний з обробкою негорючих матеріалів у холодному стані.

Основними потенційними джерелами пожежної небезпеки є:

- електрообладнання;
- кабельні мережі;
- електродвигуни;
- мастильні матеріали;
- короткі замикання та перевантаження електромережі.

Виробничі приміщення повинні відповідати вимогам:

- ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- Правил пожежної безпеки в Україні.

Для будівлі виробничого призначення приймається IV ступінь вогнестійкості.

Протипожежні заходи

Для забезпечення пожежної безпеки на виробничій ділянці необхідно передбачити комплекс організаційних та технічних заходів.

До основних протипожежних заходів належать:

- забезпечення приміщення первинними засобами пожежогасіння;
- встановлення пожежної сигналізації;
- наявність схем евакуації;
- забезпечення вільного доступу до евакуаційних виходів;
- регулярне очищення обладнання від пилу;
- контроль стану електромережі.

На виробничій ділянці повинні бути встановлені: порошкові вогнегасники; вуглекислотні вогнегасники; пожежні щити; ящики з піском; пожежні крани.

Пожежний щит комплектується: лопатою; багром; сокирою; відрами; вогнегасниками.

У приміщеннях повинні бути розміщені знаки: «Палити заборонено»; «Вогненебезпечно»; «Шлях евакуації».

Працівники повинні проходити: первинний інструктаж; повторний інструктаж; навчання діям у разі пожежі.

У випадку виникнення пожежі необхідно:

1. Негайно відключити електроживлення обладнання.
2. Повідомити пожежну службу.
3. Розпочати евакуацію працівників.
4. Використати первинні засоби пожежогасіння.
5. Діяти відповідно до плану евакуації.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі проведено аналіз сучасних технологій виробництва фібробетонних сумішей із використанням синтетичної поліпропіленової фібри та досліджено особливості її застосування у будівельній галузі. Встановлено, що використання синтетичних волокон забезпечує підвищення тріщиностійкості, зносостійкості, морозостійкості та довговічності бетонів і будівельних розчинів.

Виконано аналіз існуючих технологічних ліній і обладнання для транспортування, дозування, перемішування та подачі фібробетонних сумішей. Визначено переваги й недоліки вітчизняних та закордонних технологічних рішень, а також встановлено необхідність удосконалення процесу введення й рівномірного розподілу синтетичної фібри в бетонній суміші.

У роботі обґрунтовано вибір технологічної схеми приготування фібробетонної суміші та розроблено комплект обладнання, до складу якого входять стрічковий живильник, автомат-різчик поліпропіленової фібри, тривальний бетонозмішувач і двопоршневий бетононасос із тарілчастими клапанами.

Розглянуто конструкцію та принцип роботи основних вузлів обладнання. Запропонована конструкція автоматичного різчика дозволяє здійснювати безперервну подачу та нарізання поліпропіленової фібри необхідної довжини безпосередньо у процесі приготування суміші, що покращує рівномірність розподілу волокон у бетоні.

Тривальний бетонозмішувач забезпечує інтенсивне багатоконтурне перемішування компонентів суміші, що сприяє підвищенню однорідності фібробетону та скороченню тривалості технологічного циклу. Використання двопоршневого бетононасоса з тарілчастими клапанами дозволяє підвищити ефективність подачі бетонної суміші та зменшити гідравлічні втрати під час транспортування.

У роботі виконано необхідні конструктивні та інженерні розрахунки основних елементів обладнання, а також розглянуто питання технічного обслуговування, ремонту та безпечної експлуатації технологічної лінії.

Результати роботи підтверджують доцільність використання запропонованого технологічного комплексу для приготування фібробетонних сумішей у будівельному виробництві та свідчать про можливість підвищення ефективності технологічного процесу й покращення якості готової продукції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Суміші бетонні та будівельні. Технічні умови. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.
2. Neville A. M. Properties of Concrete. – 5th ed. – Harlow : Pearson Education Limited, 2020. – 846 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/273432725_Review_of_Properties_of_Concrete_5th_Ed_by_A_M_NevillePrentice_Hall_Pearson_San_Francisco_CA_2012_ISBN (дата звернення: 20.05.2026).
3. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. Concrete: Microstructure, Properties and Materials. – 4th ed. – New York : McGraw-Hill Education, 2014. – 704 p. URL: <https://worksaccounts.com/wp-content/uploads/2020/08/Concrete-Microstructure-Properties-and-Materials.pdf> (дата звернення: 20.05.2026).
4. Технологічне обладнання підприємств будівельної індустрії : навч. посіб. / О. М. Пшінько, В. І. Бондаренко, В. М. Першин та ін. – Дніпро : ДНУЗТ, 2018. – 236 с.
5. Машины для производства строительных материалов : учебник / за ред. Д. П. Волкова. – Київ : Вища школа, 2011. – 520 с.
6. Що таке фібробетон, як його виготовляють і де застосовують // FiberMix. URL: <https://fibermix.ua/ua/articles/chto-takoe-fibrobeton-kak-ego-izgotavlivajut-i-gde-primenjajut> (дата звернення: 20.05.2026).
7. Фібробетонні підлоги // GARTEKS. URL: <https://garteks.com/catalog/promyslovi-pidlohy/betonni-pidlohy/fibrobetonni-pidlohy/> (дата звернення: 20.05.2026).
8. Поліпропіленова фібра для бетону // FiberMix. URL: <https://fibermix.ua/ua/fibermix> (дата звернення: 02.06.2026).
9. Фібра для бетону // Protex Україна. URL: <https://protex.com.ua/articles/dlya-promislovih-pidlog/fibra-dlya-betonu/> (дата звернення: 20.05.2026).
10. Karmel. Обладнання для бетонних заводів. URL: <https://karmel.ua/uk> (дата звернення: 20.05.2026).
11. Техновузол. Технологічне обладнання для бетонних заводів. URL: <https://technovuzol.com.ua/> (дата звернення: 02.06.2026).
12. Optimus. Обладнання для виробництва бетонних сумішей. URL: <https://optimus.in.ua/> (дата звернення: 02.06.2026).
13. Concrete Batching Plants // МЕКА. URL: <https://www.mekaglobal.com/en/products> (дата звернення: 20.05.2026).

14. SUMAB. Бетонні заводи та обладнання. URL: <https://sumab.com.ua/> (дата звернення: 20.05.2026).
15. Betonmec S.r.l. Concrete batching plants. URL: <https://betonmec.eu/> (дата звернення: 20.05.2026).
16. Betontema. Concrete production systems. URL: <https://www.betontema.com/> (дата звернення: 20.05.2026).
17. Fibo Intercon. Mobile concrete batching plants. URL: <https://fibointercon.com/> (дата звернення: 20.05.2026).
18. Orion Batching Plants. Concrete batching systems. URL: <https://www.orionbatchingplants.com/> (дата звернення: 20.05.2026).
19. Ємельянова І. А., Шевченко В. Ю., Коротков Ю. Ю. Технологічні комплекти обладнання для приготування фібробетонних сумішей // Теорія і практика будівництва : наук.-техн. журн. / Київ. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Київ : КНУБА, 2013. – Вип. 12. – С. 41–44.
20. MathCAD 7.0 : програмне забезпечення для інженерних та математичних розрахунків.