

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«На правах рукопису»

«До захисту допущено»

УДК 532.137: 666.97

Завідувач кафедри, д-р. тех. наук, проф.

Я.М. Корнієнко

" ____ " _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних і нафтопереробних виробництв»

на тему: **Процес віброекструзійного виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків.**

Виконав: студент VI курсу, групи ЛН-61м

Пригорницький Тарас Миколайович

(підпис)

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент Андреев І. А.

(підпис)

Консультант з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доцент Ковтун І.М.

(підпис)

Розроблення стартап-проекту

канд. екон. наук, доцент кафедри промислового маркетингу Юдіна Н.В.

(підпис)

Рецензент _____

(посада вчене звання науковий ступінь , прізвище і ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада вчене звання науковий ступінь , прізвище і ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень праць інших авторів без відповідних посилань
Студент _____ Т.М. Пригорницький

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Спеціалізація «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних і нафтопереробних виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, д-р. тех. наук, проф.

_____ Я.М. Корнієнко

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію

студенту Пригорницькому Тарасу Миколайовичу

1. Тема дисертації: «Процес віброекструзійного виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків».

Науковий керівник: Андреев Ігор Анатолійович

кандидат технічних наук, доцент.

затверджена наказом по університету від «21» березня 2018 р. № 979-с.

2. Термін здачі студентом дисертації: 1 червня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження: Процес віброекструзійного формування фібробетонних виробів.

4. Предмет дослідження: Орієнтування дисперсної арматури віброекструдером при формуванні фібробетонних виробів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

– проаналізувати процес віброекструзійного виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків;

– сформулювати мету та задачі досліджень;

– сформулювати науково-технічну проблему, визначити об'єкт, предмет та мету

дослідження;

– проаналізувати стан вирішення проблеми за матеріалами вітчизняних і зарубіжних публікацій, обґрунтувати цілі дослідження; проаналізувати можливі методи і методики досліджень, здійснити обґрунтований вибір методу (методики) дослідження процесу віброекструзії фібробетону;

– здійснити науковий аналіз та узагальнення фактичного матеріалу, який використовується в процесі дослідження, зокрема сформулювати фізичну модель та розробити математичну модель процесу віброекструзії при формуванні круглих фібробетонних стовпчиків, описати методику та результати досліджень, провести аналіз похибок досліджень, перевірити адекватність розробленої математичної моделі;

– оцінити теоретичне, прикладне і науково-методичне значення одержаних результатів;

– розробити методику розрахунку плинності фібро-бетонної суміші у круглому кільцевому каналі, що звужується;

– здійснити апробацію отриманих результатів і висновків.

6. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація магістерської дисертації.

7. Перелік публікацій: основний зміст дисертаційної роботи викладено в 7-ми опублікованих роботах у тому числі: двох статтях у наукових фахових виданнях України; чотирьох публікаціях тез доповідей міжнародних конференцій та наукових семінарах; один патент на корисну модель України.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	канд. техн. наук, доцент Ковтун І.М.		
Розроблення стартап проекту	канд. екон. наук, доцент кафедри промислового маркетингу Юдіна Н.В.		

9. Дата видачі завдання 09 вересня 2016 р.

Завдання прийняв до виконання _____ Т.М. Пригорницький
(підпис)
Науковий керівник дисертації _____ І.А. Андреев

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Темін виконання етапів дисертації	Примітка
1	Аналіз літературних і патентних джерел по дослідженню процесу змішування компонентів суміші при віброекструзії фібробетону. Формулювання задач теоретичних та експериментальних досліджень.		
2	Розробка фізичної та математичної моделі процесу. Розв'язання математичної моделі теоретичним шляхом.		
3	Формулювання процесу проведення дослідів. Розроблення методики проведення експериментів.		
4	Проведення експериментальних досліджень		
5	Обробка та узагальнення результатів дослідження.		
6	Висновки й рекомендації.		
7	Підготовка матеріалів до публікації за результатами досліджень.		
8	Попередній захист.		
9	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра та її підготовку до захисту.		

Студент

_____ Т.М. Пригорницький
(підпис)

Науковий керівник дисертації

_____ І.А. Андреев
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дисертаційна робота освітньо-кваліфікаційного рівня „магістр” на тему: «Удосконалення віброекструзійного процесу виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків» / НТУУ «КПІ»; Керівник І.А. Андреев. – К., 2018. – ___ с.: __ іл. – Виконавець Т.М. Пригорницький. – Бібліогр.: __ с.

Об’єкт дослідження – процес віброекструзії фібробетону.

Предмет дослідження – формування фібробетонних стовпчиків.

Мета дисертації – дослідження процесу віброекструзійного змішування і формування виробів.

Методи дослідження: теоретичний аналіз процесу віброекструзії, математичне моделювання процесу, експериментальні дослідження процесу віброекструзії, визначення достовірності результатів моделювання.

Результати роботи та їхня новизна: розвинуто фізичну модель процесу віброекструзії фібробетонних стовпчиків; сформульовано математичну модель процесу віброекструзії в круглому кільцевому каналі віброекструдера, що звужується; експериментальним шляхом перевірена адекватність математичної моделі процесу віброекструзії; створена методика та алгоритм розрахунку віброекструдера для формування фібробетонних стовпчиків.

За результатами роботи опубліковано дві статті, чотири тези-доповіді на наукових конференціях, отримано один патент України на корисну модель.

ВІБРОЕКСТРУЗИЯ, ФІБРОБЕТОН, ВІБРАТОР, ФІБРА,
АРМУВАННЯ, БЕТОН, ЗСУВНІ ДЕФОРМАЦІЇ, ЧАСТКА ОБ’ЄМНОЇ
ВИТРАТИ

РЕФЕРАТ

Диссертационная работа образовательно-квалификационного уровня „магистр” на тему: «Совершенствование виброэкструзийного процесса изготовления круглых фибробетонных столбиков» / НТУУ «КПИ»; Руководитель И.А. Андреев. – К., 2018. – ___ с.: __ ил. – Исполнитель Т.М. Пригорницкий. – Библиогр.: ___ с.

Объект исследования – процесс виброэкструзии фибробетона.

Предмет исследования – формирование фибробетонных столбиков.

Цель диссертации – исследование процесса виброэкструзийного смешивания и формирования изделий.

Методы исследования: теоретический анализ процесса виброэкструзии, математическое моделирование процесса, экспериментальные исследования процесса виброэкструзии, определение достоверности результатов моделирования.

Результаты работы и их новизна: развита физическая модель виброэкструзии фибробетонных столбиков, сформулирована математическую модель виброэкструзии в сужающемся круглом кольцевом канале виброэкструдера, экспериментальным путем проверена адекватность математической модели виброэкструзии, создана методика и алгоритм расчета для формирования фибробетонных столбиков.

По результатам работы опубликовано две статьи, четыре тезисов-докладов на научных конференциях, получено один патента Украины на полезную модель.

ВИБРОЭКСТРУЗИЯ, ФИБРОБЕТОН, ВИБРАТОР, ФИБРА, АРМИРОВАНИЕ, БЕТОН, СДВИГОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ, ЧАСТЬ ОБЪЕМНОЙ ЗАТРАТЫ.

ABSTRACT

Master degree project's theme is «improvement of vibroextrusion process of construction of fiber-reinforced concrete product» made in National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky "Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific advisor I. Andreev. – 2018. – Developer T. Pryhornytskyi. – Bibliography.: ____ p.

The work consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendixes. The total amount of work is ____ p. The main text ____, ____ figures, ____ tables .

Research object is the process of vibroextrusion of fibro concrete.

Subject of the research is forming of fibro-concrete column.

Methods: Theoretical analysis of processes of vibroextrusion, mathematical modeling of process, experimental researches of vibroextrusion process, determination of modeling results authenticity.

The results and their novelty: the physical model of vibroextrusion of fibro-concrete column was developed, the mathematical model of vibroextrusion of fiber-concrete in the narrowing round circular channel was formulated adequacy of mathematical model of vibroextrusion was tested by experimental way, a method and algorithm of calculation for forming column was presented.

The results were published in two articles, four abstracts at scientific conferences; got one patent for utility model of Ukraine.

VIBROEXTRUSION, FIBRO-CONCRETE, VIBRATOR, FIBRE, REINFORCING, CONCRETE, DEFORMATIONS OF CHANGE, PART OF VOLUME EXPENSE.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	15
ВСТУП	16
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
1.1 Використання фібр в будівельних виробих замість сталевих арматур	22
1.2 Види фібр та їх застосування	23
1.3 Введення фібрової арматури в бетонну матрицю, змішування компонентів.....	28
1.4 Технологічне й апаратурне оформлення процесу формування дисперсно–армованого фібрами бетону	31
1.5 Переваги віброекструзійного формування базальтобетонних виробів	33
1.6 Реологія бетонних і фібробетонних сумішей.....	35
1.6.1 Реологічні властивості бетонних і фібробетонних сумішей	36
1.7 Опис і обґрунтування вибраної конструкції	37
2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРОЕКСТРУЗІЇ ФІБРОБЕТОНУ	43
2.1 Фізична модель процесу віброекструзії.....	43
2.2 Математичний опис процесу орієнтування фібр при віброекструзії	44
2.2.1 Процес змішування фібробетонної суміші у круглому кільцевому каналі	45
2.3 Процес орієнтування фібр у конічному каналі при віброекструзії.....	50
2.4. Процес плинності фібробетонної суміші у круглому кільцевому каналі, що звужується.....	52
2.5 Розрахунок орієнтації фібр при виготовленні круглого виробу	54
2.6 Висновки	60
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	62
3.1 Методика визначення швидкості плинності експериментальної рідини.....	62
3.2 Опис дослідної установки	62
3.3 Експериментальні дослідження	64
3.4 Перевірка адекватності математичної моделі	66
3.5 Дослідження результату зміни деформації зсуву залежно від ϕ	68

3.5.1 Експериментальні дослідження	68
3.5.2 Перевірка адекватності математичної моделі	69
3.6 Висновки	71
3.7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	72
3.7.1 Повітря робочої зони	73
3.7.2 Шум та вібрація.....	76
3.7.3 Промислове освітлення	77
3.7.4 Електробезпека.....	77
3.7.5 Пожежна безпека.....	78
4 ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	82
4.1 Обґрунтування технологічної схеми та конструкції апарата	82
4.2 Методика розрахунку процесу формування	84
4.3 Розрахунок формуючого віброекструдера	85
4.3.1 Розрахунок продуктивності запропонованого формуючого віброекструдера	87
4.3.2 Розрахунок потужності вібрації віброекструдера	88
4.3.3 Визначення товщини стінки віброекструдера	88
4.4 Рекомендації щодо впровадження.....	90
5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	91
5.1. Опис ідеї проекту	91
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	93
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	96
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	106
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	109
5.6. Висновки	115
ВИСНОВКИ.....	116
ВЫВОДЫ.....	117
CONCLUSIONS.....	118
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	119

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

l – довжина армуючих фібр, м;

L – висота стовпа суміші, м;

ρ – густина базальтофібробетона, кг/м^3 ;

μ – вібров'язкість композиції, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

P – тиск, Па;

σ – напруження, Па;

V – об'єм, м^3 ;

D – діаметр, м;

τ – дотичні напруження, Па;

m – маса, кг;

U – швидкість течії рідини, м/с;

F – сила, Н;

W – прискорення, м/с^2 ;

h – ширина вихідної щілини, м;

η – коефіцієнт корисної дії;

N – потужність, Вт;

ω – кутова швидкість, с^{-1} ;

φ_0 – коефіцієнт міцності зварного шва;

S – товщина стінки бункера, м.

t – час, с;

Скорочення:

ВЕ – віброекструзія;

ВЕУ – віброекструзійна установка;

ФРД – функція розподілу деформації;

ВСТУП

Початок ХХІ ст. ознаменувався великим прогресом в будівельній промисловості [1, 2, 3, 4]. Швидкі темпи будівництва потребують розробки сучасних ефективних бетонів [5, 6, 7, 8, 9]. До таких бетонів належить дисперсно-армований високоміцний фібробетон [10–12]. Дисперсне фіброве армування дозволяє покритиосновні недоліки бетону, а саме: незначну міцність на розтяг й розтяг при вигині, зменшити усадку й повзучість [13–19, 91].

Зростання міцності бетону на стиск, на розтяг при згині, на розтяг при розколі, на осьовий розтяг залежить від збільшення розміру радіуса й об'ємного вмісту волокон; при збільшенні радіуса й об'ємного вмісту волокон збільшується й жорсткість бетону, яка вже не так легко укладається [20 – 22, 91].

Фібробетон вигідно різниться від звичайного бетону, маючи в кілька разів кращу, порівнюючи з ним, міцність на розтяг, ударну міцність, водонепроникність, жароміцність, морозостійкість і пожежостійкість[91]. По даним роботи на руйнацію фібробетон може в 15 – 20 разів переважатитрадиційний бетон [23–25].

Це забезпечує його кращий економічно-технічний успіх при використанні в будівельних конструкціях [12, 26]. Водночас, найважливішим чинником невисокого застосування фібробетону в будівній галузі є його порівняно більш дорожчавартість зі традиційним залізобетоном або бетоном[91]. При цьому не береться до уваги, що фібробетон покращує економічну ефективність в першу чергу за рахунок більш високої експлуатаційної стійкості, довговічності, зростання міжремонтного ресурсу й покращення безпеки будівлі при сейсмічних впливах і пожежах [11, 27, 28].

Армування бетону металевими волокнами здійснювалося на початку ХХ століття[91]. На сьогодні номенклатура армуючих частин суттєво розширена. Зараз для армування застосовуються різні неорганічні й органічні

волокна, такі як поліпропілен, вуглецеві волокна, скло тощо. [29–31]. Зацікавленість до практичного використання штучних волокон у будівництві збільшився завдяки зростанню виробництва й застосування сухих будівельних сумішей різноманітного практичного використання [32, 91].

Помітний прогрес і використання фібробетон отримав у Японії. У 1980 р. Японська асоціація по спорудженню тунель підготувала підручник із проектування й виробництва бетону, армованого металевими волокнами, призначеного для обробки тунелів [91]. Японське суспільство інженерів цивільного будівництва також розробило підручник із проектування й виробництва бетону, армованого металевими волокнами, для конструкцій дорожнього одягу й гребель. Уже у 80-х роках кількість виробленої в цій державі металевої фібри досягло 3000 т, з яких 2500 т було зроблено з вуглецевої і близько 500 т з нержавіючої сталі [33]. Водночас Японським інститутом бетону розроблені методи випробування фібробетону. Крім того, у рамках Японської асоціації по цементу в 1960 р. був створений комітет з дослідження фібробетону, головні задачі якого – підготовка нормативних матеріалів щодо його виготовлення на підприємствах товарного бетону, вивчення характеристик фібробетону на основі бетону, що розширюється, а також дослідження конструкцій дорожніх споруд та інших конструкцій з бетону, армованого металевими волокнами [91].

Досвід таких розвинених держав, як Німеччина, Великобританія, Австралія, США й Франція, переконливо показав економічно-технічний ефект використання фібробетону в будівельних конструкціях [34–39]. У будівельній діяльності США сталевий фібробетон широко використовують для монолітних підлог індустриальних будинків, доріг з важкими транспортними навантаженнями і покриттів в аеропортах [40].

У закордонному досвіді більш широко використовується фібробетон з застосування різних асортиментів фібри: поліпропіленової, сталевий, вуглецевої, скляної ін. Із закордонної практики доцільно вирізнити використання фібробетонів у тунельному й дорожньому будівництві,

будівництві морських верфей і гребель, а також підлог індустриальних будинків, терміналів тощо[91]. Найцікавішими випадкамивикористання сталевібробетону є: конструкції тунелів метрополітену в Осло (Норвегія);автодорожній тунель довжиною 6,63 км на глибині до 1 км «Энасан-2» (Японія); кріплення гідротехнічного тунелю діаметром 2,34 м у Карсінгтоні (Великобританія);залізничні тунелі в Канаді;тунель Хеггура й газопровідні тунелі під дном Північного моря (Норвегія); колекторні тунелі метрополітену в Гамбурзі (Німечина) і Ліоні (Франція); [35]. В Австралії однієї з пріоритетних областей використання сталевібробетону є створення дорожніх покриттів з інтенсивним рухом транспорту [17]. У Німеччині понад 25% індустриальних підлог виготовленні зі сталевібробетону [44].

Останнім часом в закордоній практиці все ширше використовують фібробетони з фібровим армуванням із штучних волокон, приміром, високоміцними, корозійностійкими в різноманітних середовищах [35, 44]. Волокна використовують в бетоні для індустриальнихбудов,бетонних плитах фундаментів, гідротехнічних споруд, зовнішніх помостів, у бетонних плитах перекриттів,монолітних конструкціях, об'єктах нафтохімічної галузі, мостах, залізобетонних палях, у будівельних розчинах і штукатурці, у матеріалах для ремонту бетону, а ще у місцях високої сейсмічної активності [17, 36].

Фібробетон – це дрібнозернистий бетон, армований рівномірно розподіленими по перерізу волокнами (фібрами). Перш за все його відрізняє від традиційного бетону краща міцність на розтягування. При введенні в нього фібри в кількості 1,5% до його об'єму, досягається збільшенням міцності на вигин і стиснення в 2 рази. Фібробетон на відміну від неармованого бетону, має більш високу міцність: при стисненні – до 25%; при розтягуванні – до 65%; при вигині – в 2,5 рази. Модуль пружності збільшується на 15%. Завдяки цим особливостям фібробетон вдало протидіє утворенню тріщин і руйнуванню, повністю або частково виключає потребу в армуванні залізобетонних конструкцій сітками із стрижньової арматури. Тому, суттєвозменшується час будівництва об'єктів і росте тривалість їх

експлуатації. Зрозуміло, такий перспективний матеріал просто незамінний при будівництві конструкцій, що потребують своєї герметичності виконання і що перенесуть помітні ударні і знакозмінні навантаження. Безперечно з такими експлуатаційними і технічними показниками фібробетон має дуже великий діапазон використання. [33, 41].

Під назвою «фібра» маються на увазі відрізки тонкого сталевих дроту, відходи цвяхового виробництва та інші волокна зі скла, з металу, полімерів (головним чином пропілену). Великим плюсом фібробетону є його невелика маса порівняно з звичайним залізобетоном, що спрощує монтаж конструкцій з фібробетона. Фібробетони використовують в збірних і монолітних конструкціях, що працюють на знакозмінні навантаження. Найголовніша характеристика фібробетону – міцність на розтяг – є не тільки прямою характеристикою матеріалу, але і показує його опір щодо інших впливів [12].

Властивості фібробетону, як і будь-яких дисперсноармованих композитів залежать не тільки від характеристик вихідних матеріалів, але і від технологічних чинників. Армування бетону грубими фібрами з тендітних матеріалів має суттєву відмінність від армування тонкими мінеральними чи сталевими фібрами. Зі збільшенням радіуса від 5 мкм до 50...75 мкм питома поверхня фібр зменшується на порядок, а твердість покращується на три порядки. Для отримання прийнятних показників міцності потрібно суттєво збільшувати кількість волокон, що вводяться. До того ж, потрібно враховувати, що волокна, що мають високу твердість, не повинні мати великих згинаючих і зсувних навантажень у ході перемішування і формування. Тому перемішування в змішувачі, обладнанім мішалкою, лиття під тиском, пресування, екструзія й інші методи не підходять для отримання виробів з бетонів, армованих грубими базальтовими фібрами.

Помітне зменшення в'язкості матриці, при якому можливо виконувати її армування грубими базальтовими волокнами довжиною 25–35 мм (до 15 % від маси сухих складових композиції) при зменшених водоцементних

відношеннях і без використання ПАР, можна отримати застосуванням віброекструзійного методу формування, розробленого в НТУУ “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. Тому віброекструзійний спосіб дає можливість орієнтувати фібри вздовж осі формування, тобто більш ефективно застосовувати армуючі властивості фібр і виробляти більш тонкостінні вироби в порівнянні з звичайною технологією [90].

Подальший прогрес віброекструзійного способу формування фібробетону зі застосуванням найбільш продуктивної вітчизняної дисперсної арматури (грубих базальтових фібр) є перспективним напрямком галузі.

Метою роботи є встановлення закономірностей процесу формування віброекструдері фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу.

Об’єкт дослідження: процес віброекструзійного формування фібробетонних виробів.

Предмет дослідження: орієнтування дисперсної арматури віброекструдером при формуванні фібробетонних виробів.

Методи досліджень: теоретичний аналіз процесу віброекструзії, математичне моделювання процесу, експериментальні дослідження процесу віброекструзії, визначення достовірності результатів моделювання.

Завдання дослідження:

1. Критичний аналіз джерел літератури, вітчизняних та зарубіжних патентів, що стосуються дослідження процесу віброекструзії фібробетонних виробів.
2. Сформулювати фізичну модель процесу віброекструзії фібробетону в каналі круглого поперечного перерізу.
3. Розробити математичну модель процесу віброекструзії фібробетону в каналі круглого поперечного перерізу.
4. Обґрунтувати методику експериментальних досліджень.
5. Провести експериментальні дослідження та узагальнити їх результати.

6. Виконати перевірку адекватності фізичної і математичної моделей.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Використання фібр в будівельних виробх замість сталевій арматури

В теперішній час, для армування бетону (суміші), вивчаються і використовуються фібри зі скла, сталі й інших мінеральних матеріалів (шлаку, вуглецю, кварцу, базальту, кераміки), із полімерів (віскози, поліпропілену, полікристаліну, поліаміду, поліетилену, нейлону, капролактаму), органічних матеріалів (оброблених фібр технічних агав, пеньки, джуту, бавовни, целюлози) [90].

Фізико-механічні характеристики композиційного матеріалу залежать від способу його виробництва, умов витримки, віку, властивостей дисперсної арматури і поліпшуються при збільшенні кількості фібр, їх довжини і при зменшенні їх діаметра і водоцементного співвідношення [47-51]. Позитивний вплив на властивості фібробетону дає також рівномірний розподіл і орієнтація волокон уздовж напрямку розтягуючи напружень у виробі, більш високі міцність бетонної матриці і зусилля зчеплення фібр з матрицею. Але зростання вмісту волокон у композиційному матеріалі можливе до визначеної межі, яка обмежена можливостями технологічного способу виробництва, після чого спостерігається зменшення однорідності і зростання пористості фібробетону [52].

Застосування дисперсної арматури у ряді випадків дозволяє збільшити границю міцності матеріалу в умовах розтягу у 2 – 5 разів, опір тріщиноутворенню – у 1,5 – 4 разів, при вигині – у 2 – 6 разів, опір стиранню – у 1,5–4,5 рази, при стиску – на 16 – 75 %, ударну в'язкість – у 4–36 разів, опір стиранню – у 2–4 рази, морозостійкість – у 2–4 рази. Крім цього відзначене зростання водонепроникності і опору вибуховому навантаженню. При армуванні неорганічними волокнами збільшується вогнестійкість у 4–

21разів, відсутня схильність до гниття і за пліснявіння, поразці шкідниками і композиція не розпадається при впливі радіації [90].

1.2 Види фібр та їх використання

Запропоновано поділяти фібри на 2 види залежно від їхнього модуля пружності :

1 – низькомодульні (поліпропілен,нейлон, поліетилен і т. ін.);

2 –високомодульні (азбест,сталь, скло, вуглець,базальт).

Армування низькомодульними волокнами, що сильно розтягуються, не веде до зростанню міцності композиції в умовах розтягу і вигину (деякі науковці стверджують, що ці показники навіть зменшуються), але веде до здатності добре вбирати енергію. При цьому також зменшуються стирання бетонного матеріалу [90].

Фіброва арматура 2-ї категорії покращує опір фібробетону як удару, так і розтягу (вигину) тим значніше чим більше співвідношення модулів пружності фібр і матриці E_f/E_m за інших рівних умов[90].

Найпоширеніші види фібр сьогодення для бетону наступні [53]:

- фібра сталева;
- фібра зі скловолокна;
- фібра полімерна;
- фібра мінеральна.

Технологія об'ємного армування бетону полягає в його зміцненні металевими, мінеральними і полімерними матеріалами. Так фібра із синтетичних волокон найбільш дешева і хімічно стійка. Але вона має низький модуль пружності і високу граничну деформованість, що визначає деформованість фібробетону, особливо після тріщиноутворення. Проте, вона може ефективно використовуватися для поліпшення реологічних властивостей фібробетонних сумішей, структуроутворення бетону-матриці на стадії твердіння і підвищення його довговічності.

Бетон, армований сталевими волокнами, є матеріалом з високими характеристиками міцності, підвищеними ударостійкістю і міцністю на вигин, таких властивостей не мають бетонні покриття, армовані сталевими сітками. Сталеві волокна застосовуються для армування промислової підлоги, комунікаційних покриттів під високі навантаження, а також всіх збірних бетонних покриттів, починаючи від форм малої садової архітектури і до найважчих покриттів. Сталеві волокна виготовляються із сталевого дроту високої якості, витягнутого холодним волочінням, що забезпечує їх високу міцність і належну критичну деформацію. Геометрична форма є якнайкращим способом анкерного закріплення волокон в бетоні. Ефективність сталевих волокон залежить від дозування на куб/м бетону, а також від їх фізичних характеристик, таких як міцність, деформація при розриві, діаметр, довжина, анкерне кріплення. Основним вирішальним параметром ефективності сталевих волокон, тобто отримання певної рівнозначної міцності на розрив при згинанні, є відносне подовження, тобто відношення довжини до діаметру волокна. Чим вище відносне подовження волокна, тим більше його ефективність, і це спричиняє за собою менше дозування.

Особливі властивості: ефективне виключення подряпин і тріщин; збільшення характеристик міцності бетону; високий опір втомі; просте і швидке дозування; зменшення товщини бетонної плити при дотриманні всіх технічних параметрів; виключення звичайного армування сіткою і проблем, пов'язаних з підтримкою їх на належній висоті в перерізі плити [52, 53, 54].

Цемент, армований скловолокном – новий композиційний матеріал, отриманий на основі цементної матриці чи цементу і дрібного наповнювача і невеликої кількості лугостійкого скловолокна. Склофібробетон має винятково високі технологічні властивості при формуванні виробів практично будь-якої потрібної форми, має високі показники міцності при вигині, велику ударну міцність, пружність, тріщиностійкість, водонепроникність, а в подібних випадках і декоративну поверхню.

Склофібробетон – чудовий матеріал для різних видів покрівлі, їм можна імітувати традиційні покрівельні матеріали, такі як шифер, керамічна черепиця. Але на відміну від них він не тендітний і не важкий.

Він має високу стійкість до хімікатів, включаючи місцеве забруднення і розчини солей. Він також має високі акустичні властивості, не іржавіє, не гниє, не піддається корозії, не горить. Тому зі склофібробетону можуть формуватися різні вироби складної конфігурації, то застосовуються в цивільному будівництві при спорудженні автострад, водопроводів і резервуарів для збереження шахт і тунелів.

Склофібробетон також може використовуватися для виготовлення труб великого діаметра. Армується бетон як рубаним волокном, так і сітками з лугостійкого скловолокна [52, 53, 54].

Поліпропіленові волокна є армуючою добавкою в бетонні і розчинні суміші. Виготовляються безперервним методом з гранул чистого поліпропілену за допомогою екструзії, а також витягу при нагріванні. Коли армуючі поліпропіленові волокна розігріваються до певної температури, на їх поверхню наноситься замащуюча речовина. Саме ця речовина і сприяє зчепленню і розсіюванню поверхні поліпропіленової фібри з цементним розчином. Волокна можуть поліпшити властивості суміші, забезпечити вторинне армування і особливо контроль усадки (утворення тріщин). Тріщини в бетоні формуються протягом першого етапу усадки (у пластичному стані) і відповідно є причиною низької цілісності і міцності бетону. Ці тріщини формуються в перші 24 години після того, як бетон був укладений. Усадка і тріщини усадки можуть бути не виявлені навіть через декілька днів. Причини виникнення тріщин в тому, що існуюче напруження перевищує міцність бетону. Цього можна уникнути за допомогою додавання волокна в бетонну суміш. Волокна, завдяки їх специфічній поверхні, здатні поглинути сили розтягування під час усадки (енергія розподіляється на мільйони волокон), що дозволяє бетону розвивати її оптимальну довгострокову міцність. В цьому відношенні поліпропіленове волокно

завдяки своїй великій площі поверхні ефективніше, ніж сталева сітка. Волокно зменшує виділення води за допомогою більш ефективного контролю гідратації, тим самим знижуючи внутрішні навантаження. Завдяки контролю за виходом води на поверхню знижується утворення тріщин при пластичному осіданні.

Бетон, що містить поліпропіленові волокна, має вищі морозостійкі характеристики, і можна вважати, що по довговічності він не поступається бетону з повітряноутягуючими домішками.

Застосування поліпропіленових волокон в різних галузях показує, що армування волокнами забезпечує прекрасну альтернативу деяким традиційним рішенням, розробленим для будівельних розчинів (стягування, фасадні розчини і тому подібне) і для бетонної промисловості (плити, резервуари і труби для води, збірні залізобетонні елементи) [52, 53, 54].

Структура бетону з застосуванням базальтових волокон і базальтоцементу близька до структури армоцементу з арматурою зі сталевих сіток. Однак базальтоцемент має більш високу міцність і деформованість, тому що армуючий його базальт забезпечує більш високий ступінь дисперсності армування каменю і сам базальт має більш високу міцність 1800 – 2500 МПа, чим сталева сітка. Крім того, базальтоцемент може витримувати великі пружні деформації, тому що базальтове волокно при розтяганні пластичних деформацій не має, а за пружністю перевершує сталь. При твердінні цементного каменю утворюється агресивне лужне середовище, що руйнує поверхню волокна, утворюючи при цьому раковини. Міцність волокна зменшується на 10%, але за рахунок раковин, що утворилися, міцність зчеплення каменю і волокна збільшується, у такий спосіб міцність самого виробу зростає. При використанні товстих волокон (більш 100 мкм). Їхня міцність не змінюється. Ці недоліки відсутні при застосуванні базальтового волокна.

Базальтова фібра абсолютно стійка до всіх хімічних речовин, що входять до складу бетону, фізичних пошкоджень під час перемішування, до

лугів, що застосовуються у виробничих процесах, термостійка, не кородує (що характерно для сталевих фібри), легко розподіляється, не утворюючи згустків, навіть при додаванні у вже залиту суміш, довговічна, сумісна з будь-якими добавками і присадками в бетони, в тому числі і пластифікаторами, протиморозними добавками, прискорювачами твердіння і сповільнювачами схоплювання.

Можливі області застосування базальтового волокна: бетонні підлоги, злітні смуги аеропортів, швидкісні автодороги, промислові підлоги в цехах, де встановлене важке устаткування, внутрішнє армування тунелів і каналів, зміцнення схилів, ремонт і реконструкція споруджень, покриття металевих поверхонь, сталевих споруджень, бетонні водяні канали, конструкції, військові спорудження, сейсмостійкі будинки і спорудження. Основні переваги бетону, армованого базальтовими волокнами: зниження товщини бетонного шару до половини, порівнюючи зі звичайним бетоном відповідно загальної вартості будівництва, зменшення трудовитрат, пов'язаних з установкою дротяної сітки, у колекторах і підземних водяних каналах товщина бетонного покриття істотно знижується, вартість ремонту і обслуговування істотно знижується завдяки довговічності бетону, армованого волокном. Вплив армування бетону будь-якимиволокнами залежить від довжини волокон і відношення довжини до діаметра. Теоретично більш довгі волокна і з великим відношенням довжини до діаметра краще, ніж більш короткі. Однак довгі волокна укласти складніше при торкретуванні бетону і вони гірше розподіляються в бетоні. Волокна забезпечують тривимірне зміцнення бетону порівняно з традиційною арматурою, що забезпечує двомірне зміцнення. За даними багаторічних досліджень НДІБК, довговічність грубого базальтового волокна в середовищі цементного каменю складає не менше ста років [52, 53, 54].

Досвід практичного використання фібробетону вказує, що застосування фібробетону технічно і економічно вигідно в ряді конструкцій, особливо тонкостінних за рахунок великих міцнісних характеристик

композиції. Заміна фібробетоном армоцементу чи традиційного залізобетону допускає усунути арматурні роботи, зменшити металоємність і матеріалоємність конструкції[90].

1.3 Введення фібрової арматури в бетонну матрицю, змішування компонентів

При виробництві фібробетону найважчим у технологічному відношенні є рівномірне введення по всьому обсязі бетонної матриці потрібної кількості волокон [55]. При застосуванні звичайних бетонорозчинних змішувачів примусової і гравітаційної дії спостерігається поява специфічних скупчень фібрової арматури у формі грудок, що затруднюють наступні операції, в деяких випадках приводить до дроблення волокон і, в остаточному підсумку, знижується якість виробів [48].

Для покращення змішування підвищують водоцементне відношення (В/Ц) додають ПАР (метилцелюлози, окис поліетилену), дотримують визначеної послідовності завантаження компонентів суміші, лімітують параметри фібрової арматури і період перемішування, покривають фібри спеціальними матеріалами, волокна вводять у змішувач за допомогою різного виду спеціальних роздавальників [48, 55, 56]. Однак, проведення згаданих дій не завжди приводить до передбачуваного ефекту[90].

В наслідок добавки волокон, що принципово відрізняються від компонентів бетонної матриці, з'являється ряд технологічних проблем. Особливості фібробетонного матеріалу потребують виробництва спеціального змішувального устаткування[90].

В даний час дістала поширення технологія розпилення – усмоктування (spray – suction) [55, 56, 58], при якій цементний розчин з В / Ц = 0,4–0,5 додається через сито в лійку частини насоса, що розприскує. Відрізки армуючого матеріалу безпосередньо з пристрою, що ріже,

ежектуються в потік розчину, де і проходить процес змішування. Недоліком способу є великий водовміст суміші[90].

Не менш розповсюдженою є технологія почергового укладання бетонної суміші і фібрової арматури в бетонозмішувач.

Згідно цієї технології авторами [57] запропоновано наступний спосіб. До складу фібробетонної суміші входять, кг/м³: портландцементу – 160-170; спінений гранульований полістирол – 15-17; базальтове волокно – 0,50-0,70; деревна смола – 0,35-0,50; пластифікуючи добавка – СЗ – 1,50-2,50; гідрофобна добавка – 0,4-0,5; поліакриламід – 0,4-0,6; вода – 50-55. Передчасно змішують пінополістирол, базальтове волокно та добавки, введені разом з частиною води. Потім, перемішуючи, вводять портландцемент, продовжують перемішування впродовж 5-10 с, після чого додають воду та перемішують 25-40 с.

Інший спосіб запропоновано авторами [57]. До початку чи під час укладання дисперсно-армованої суміші в формуючому виробі встановлюють парні електроди, підключені до джерела сталого струму, розташовані поодинокі або групами в тих перетинах, де необхідно досягти мінімальний вміст дисперсної арматури.

До числа спеціально зпроектованих змішувачів відносяться також апарати зі спіралью-вихровим потоком руху матеріалу, що змішується, в еластичному корпусі; з інерційно-імпульсним механізмом обертання, що забезпечує руйнування грудок і з імпульсним ефектом лопатей на бетон в період уведення фібрової арматури для зниження в'язкості суміші. Ці мішалки розроблені для визначеної категорії волокон і характеризуються дискретністю роботи [90].

При формуванні пресуванням необхідно надлишкову воду видаляти в період процесу.

Проблемою лиття під тиском є наявність включень повітря, що важко видалити з виробів через присутність фібрової арматури.

Шнекова екструзія забезпечує безперервний процес формування й орієнтацію волокон. Проте, при цьому спостерігається опливання екструдату, яке не можна усунути підвищенням вмісту добавки, що ущільнює, а також втягнення повітря, що викликає розширення виробів при їхньому виході з насадки[90].

К.Комлошем, на основі власних досліджень, був уточнений вираз Еджингтона, Ханнанта і Уільямса для визначення найбільшої кількості волокон, які вводяться у бетон звичайними методами, перевищення якого робить суміш практично необроблюваною[53]:

$$\xi_{v,\max} = \lambda \frac{l \rho_{\Phi} dm_s}{\rho_M l m_s + m_k}, \quad (1.1)$$

де $\xi_{v,\max}$ – максимально можлива кількість волокон, в об'ємних процентах;

ρ_{Φ}, ρ_M – густина, відповідно, фібри матриці;

d, l – діаметр і довжина фібр, м;

m_s, m_k – масові долі зерен заповнювача, менших и більших 4 мм, відповідно.

Залежно від матеріалу фібрової арматури коефіцієнт λ приймає такі значення: для сталі – 54, для скла – 85, для базальту – 155.

При визначенні залежності (1.1) застосовувалися витрати цементу – 240...440 кг/м³ бетону; В/Ц=0,31...0,65; металеві фібри діаметром $2 \cdot 10^{-4}$ м і $3 \cdot 10^{-4}$ м і довжиною, відповідно, $2 \cdot 10^{-2}$ м і $3 \cdot 10^{-2}$ м в кількості 0,25...1% по об'єму; скляні волокна категорії Е в кількості 0,04...0,45% и базальтові фібри в кількості 0,15...1,1% [90].

Для характеристики перемішування металевих фібр у звичайних бетонозмішувачах Л.Г.Курбатовим і В.П.Романовим запропоновано користватися модулем фібрового армування δ [51]:

$$\delta = \frac{\xi_v l}{d}, \quad (1.2)$$

де ξ_v – кількість фібр, в об'ємних процентах.

Тільки у випадку $\delta \leq 2 \dots 2,5$ вдавалося одержувати ізотропну суміш без грудок волокон.

Відоме застосування різних способів підведення вібрації до матеріалу.

Зовнішні механічні сили вібрації покращують структуру фібробетонної суміші, сприяючи диспергації цементних зерен, руйнуванню флокул і рівномірному розподілу води по поверхні твердої фази [57].

В результаті дії пульсації вібрації волокна фіброкаркаса стають джерелами вторинних коливань, збуджуючими бетонну суміш. Довкола них відбувається віброзрідження суміші, що дозволяє грубодисперсним часткам заповнювача, що володіють інерційною силою, переміщатися в розріджений простір. Услід за ними туди ж залучаються і кластерні утворення з часток цементу і наповнювача. Грубодисперсні частки заповнювача, з одного боку, руйнують частину кластерних утворень і тим самим проводять розрідження суміші з подальшим неодноразовим переформовуванням кластерів, з іншого боку, вони, осідаючи на волокнах фібри, за рахунок адгезії утворюють досить щільні контактні зони у вигляді систем «цементне тісто із заповнювачем – фіброве волокно», потім «дрібнозернистий бетон – фіброве волокно».

Таким чином, в бетонній суміші формується фібробетонний каркас, у вічках якого продовжується гідратація цементу, схоплювання бетонної суміші і твердіння бетону, тобто формується щільніша структура фібробетону.

1.4 Технологічне й апаратурне оформлення процесу формування дисперсно–армованого волокнами бетону

Формування фібробетону належить до нового напрямку галузі і вимагає подальшого поліпшення. Проте, поки питанням технології

фібробетонних виробів приділяється суттєво менше уваги, чим вивченню властивостей цього композиційного матеріалу[90].

При звичайному виробництві у формі волокнахаотично орієнтуються в матриці [62]. Відоме застосування різних способів підведення вібрації до матеріалу [59]. Перевага віддається зовнішній вібрації через стінки форми, що забезпечує більшу міцність затверділої композиції. При формуванні пресуванням потрібно надлишкову воду видаляти під час процесу [90].

Недоліком лиття під тиском є наявність включень повітря, що важко видалити з виробів через присутність фібрової арматури.

Представлені вище способи формування лімітують обсяг волокон, що може бути включений у композиційний матеріал. Спеціально розроблений для виробництва фібробетонних виробів метод розпилення-усмоктування дозволяє підвищити кількість армуючого матеріалу у матриці. У цьому разі потік змішаного цементного тіста з відрізками волокон необхідної довжини напілюється на покриту папером перфоровану металеву лицьову поверхню форми, що висмоктується. Оператор контролює нанесення матеріалу на форму, забезпечуючи потрібну товщину виробу. Надлишкова вода із суміші виходить вакуумуванням через дно форми, що виконує роль фільтра. При застосуванні розпилення –усмоктування вдається отримати надтонкий шар матеріалу товщиною (2...3) 10^3 м з ізотропним розподілом фібр [60]. Спосіб забезпечує довільну двоспрямовану орієнтацію волокна у композиції [62], підходящий для формування широкої номенклатури виробів. Проте, при набризкуванні бетону потрібно підвищувати кількість волокна відносно розрахункового, тому що при влученні на напілюєму поверхню майже 1/3 дисперсної арматури вилітає[90].

При застосуванні методу роздільного укладання армуючого матеріалу і дрібнозернистого бетону можна застосовувати незмірні по довжині волокна. Проте, суттєвим недоліком є шаруватість виробів. Порівняльні експерименти, проведені А. Дж. Маджумдаром і Р.У. Нурсом [62], показали, що найвища міцність спостерігалася в зразках, виготовлених методом

розпилення-всмоктування і екструзії, в основному, ефектом орієнтування фібрової арматури.

1.5 Переваги віброекструзійного формування базальтобетонних виробів

Віброекструзія фібробетону – це ефективне виробництво тонкостінних будівельних виробів з повною або частковою заміною металевої арматури на фіброву (волокнисту).

У таблиці 1.1 наведені склади і середні міцнісні характеристики базальтобетонних зразків, виготовлених методом пошарового формування з наступною укаткою валіком кожного шару. Після виготовлення зразки піддавались термовологій обробці на протязі двох годин при температурі 85°C і випробувались на наступний день. Фізико – механічні характеристики базальтобетону, виготовленого віброекструзією, вище, а при збільшенні вмісту волокон в композиції, збільшуються тільки в віброекструзійних зразках, які характеризуються рівномірним розподілом фібрової арматури. Збільшення вмісту грубих базальтових волокон більше 10% від маси цементу в пошарово сформованих зразках приводить до їх розшарування.

Таблиця 1.1 – Границя міцності на вигин і ударна в'язкість базальтобетонних зразків, виготовлених віброекструзією і методом пошарового формування

Склад композиції, в масових частках			Спосіб виготовлення	Границя міцності на вигин, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
портланд–цемент М500 Здолбунівського цементного заводу	грубе базальтове волокно	вода			

100	5,33	26,5	Пошарове формування	12,8	15,8
100	10	26,5	Пошарове формування	12,5	-
100	5,33	26,5	Віброекструзія	14,1	33,8
100	10	26,5	Віброекструзія	16,3	48,2
100	20	27	Віброекструзія	19,6	-

Таблиця 1.2 – Залежність характеристик міцності матеріалу від способу виготовлення

Спосіб виготовлення зразків	Границя міцності при розриві, МПа м	Границя міцності при вигині, МПа
Віброекструзія	6,1/3,1	15,6/8,4
Змішання компонента в бетонозмішувачі з наступною віброекструзією	5,2	13,3
Формування в віброформі після віброекструзійного змішання компонентів	5	11,8
Формування в віброформі після змішання компонентів в бетонозмішувачі	4,9/2,6	10,8/7,8

В таблиці 1.2 наведені середні міцнісні показники базальтобетонних зразків, виготовлених: 1) віброекструзією, 2) з попереднім змішуванням розчину і волокон в бетонозмішувачі об'ємом 0,5 м³ (S – образний змішувач) з наступною віброекструзією суміші, 3) формування у віброформи після віброекструзійного змішання компонентів, 4) формуванням в віброформі після змішання компонентів в бетонозмішувачі.

Аналіз даних таблиці 1.2 показує, що найбільшу міцність мають зразки, отримані 1 способом, коли попередньо змочені розчином і погружені в

нього волокна, подаються в віброекструдер. В цьому випадку зберігається початкова довжина волокон в композиції.

Найменшою міцністю, яка наближається до міцності фонових зразків, характеризується базальтобетон, виготовлений за традиційною для заводів ЖБИ технологією – у віброформі. При цьому спостерігалось подрібнення волокон в бетонозмішувачі до довжини $(0,3...1) \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

Міцнісні показники композиції підвищились за рахунок направленої орієнтації фібрової арматури. Коли приготовлену в бетонозмішувачі суміш додатково піддали віброекструзії.

Менша міцність спостерігається при виготовленні матеріалу в формі після віброекструзійного змішання компонентів. Це пояснюється тим, що хоча волокна в процесі переробки не руйнуються, але окремі шматки матеріалу з'єднувались в віброформі тільки за рахунок розтікання розчину і не були зв'язані дисперсною арматурою, що привело до появи ослаблених ділянок.

Крім того, виготовлені віброекструзією неармовані зразки оволодіють також підвищеною міцністю за рахунок створення сприятливих умов для видалення поглиненого повітря при течії матеріалу і, відповідно, кращого його ущільнення.

Таким чином, віброекструзійний спосіб формування має значні переваги і дозволяє більш ефективно використовувати фіброву арматуру.

1.6 Реологія бетонних і фібробетонних сумішей

При практичному визначенні реологічних властивостей бетонних (фібробетонних) сумішей застосовується феноменологічний підхід, що приймає експериментальний матеріал, як однорідне ізотропне середовище. Про структуру матеріалу робляться лише загальні застереження. Опираючись на представленнях суцільності, суттєво зменшується математичний опис

плину, можливе введення таких макроскопічних параметрів, як тиск і температура. У розділі аналізується реологія свіжоприготовлених сумішей[90].

1.6.1 Реологічні властивості бетонних і фібробетонних сумішей

У розглянутих системах після затвору цементу водою відбувається утворення коагуляційної структури, міцність якої визначається відстанню між вузлами і товщиною рідкого прошарку. Дрібнозернисті бетонні суміші і цементні розчини характеризуються змінною в'язкістю, що змінюється залежно від діючого напруження зсуву і градієнта швидкостей від найбільшої в'язкості практично незруйнованої структури μ_0 до найменшої в'язкості гранично зруйнованої структури μ_m . Повні реологічні криві плину цих структурованих систем являють собою S-подібні криві Оствальда. Повільний плин з постійною в'язкістю μ_0 відбувається при додаванні до матеріалу напруження, що не перевищує границю міцності структури. При дуже повільному плинні структура зовсім не руйнується, а якщо і руйнується, то встигає знову відновитися за рахунок броунівського руху. При подальшому підвищенні напруження зсуву руйнування структури перевищує її відновлення за рахунок броунівського руху, в'язкість починає падати до найменшої величини μ_m , залишаючись далі постійною.

В обмеженому інтервалі швидкостей зсуву невібруючі бетонні суміші і цементно-пісчані розчини апроксимують моделлю Шведова-Бінгама ($\tau - \tau_0 = \mu \dot{\gamma}$), Кассона ($\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_0} = \mu \dot{\gamma}$) чи, в окремих випадках, моделлю Ньютона ($\tau = \mu \dot{\gamma}$), де τ – напруження зсуву; τ_0 – граничне напруження зсуву; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву; μ – в'язкість системи[90].

Повна реологічна крива плину цих систем при вібрації з сталою частотою f амплітудою a є пряма, що виходить з початку координат $(\tau, \dot{\gamma})$, а

бетонні вібруючі і попередньо ущільнені суміші без фібрової арматури подібні ньютонівським рідинам[90].

Накладання вібраційного поля на структуровану систему приводить до руйнування структурної сітки по менших зв'язках. Зі зростанням інтенсивності вібрації руйнується частина агрегатів і вивільняється іммобілізована вода, яка приводить до наступного зменшення вібров'язкості системи, яка залишається сталою при даних параметрах вібрації [90].

Існують суперечливі думки про вплив параметрів вібрації на віброреологічні властивості досліджуваних систем з подібними складами.

1.7 Опис і обґрунтування вибранної конструкції

Віброекструзійна технологія дозволяє:

- орієнтувати волокна вздовж осі формування і в такий спосіб збільшити ефективність їх використання;
- виключити грудкування чи руйнування волокон при змішуванні і формуванні;
- виробляти полегшені порівняно з залізобетонними аналогами будівельні вироби з повною або частковою заміною сталевих арматурних фібр; – здійснити ефективне змішання компонентів суміші;
- збільшити щільність кінцевого продукту;
- переробляти композиції з низьким водоцементним відношенням;
- збільшити максимальну кількість ефективно використовуваних волокон у виробах, відповідно, у 6 і 2 рази порівняно зі звичайним формуванням і спеціально розробленим і застосовуваним за кордоном методом розпилення-усмоктування;
- використовувати будь-який вид фібрової арматури, у тому числі і відходи виробництва;
- здійснити безперервний процес виготовлення[90].

Віброекструзійний процес був випробований у промислових умовах.

Дослідно-промислова віброекструзійна установка (ВЕУ) призначена для відпрацювання технології формування фібробетонних виробів у промислових умовах і виробництва дослідних партій виробів для потреб будівельної галузі [90].

Віброекструзійна установка змонтована на самохідному шасі і складається з дозаторів-живильників цементного розчину і грубого мінерального волокна, вібруючого стола, конвеєра, каскаду віброекструдерів (двох що змішують, і формуючого), електроустаткування [90].

На ділянці отримання тонкого шару розчину цементний розчин з живильника-дозатора виходить на транспортерну стрічку у вигляді чотирьох джгутів регульованого перерізу. При проходженні стрічки над вібростолом цементні джути розтікаються по всій її ширині, утворюючи шар розчину товщиною $2...8 \cdot 10^{-3}$ м [90].

Дозатор-живильник розчину складається з пірамідальної ємності, звареної з листової сталі ($0,87 \text{ м}^3$), вібрелемента, пружинної підвіски, звареної рами. Нижня частина ємності виконана з твердої гуми, у якій прорізані чотири вертикальні щілини, що закриваються шибером із гвинтовим механізмом регулювання [90].

Вібруючий стіл складається зі звареної рами з віброелементом ІВ-107, установленної на пружинній підвісці під стрічкою конвеєра.

Контроль продуктивності ділянки одержання тонкого шару розчину, відбувається зміною живого перерізу щілин шибером і швидкістю конвеєрної стрічки і варіюється в межах $1,4...14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ [90].

Живильник-дозатор грубого базальтового волокна забезпечує беззупинну, рівномірну подачу армуючих фібр на шар розчину, що рухається [90].

Головною частиною живильник-дозатор грубого мінерального (базальтового) фіброволокна є бункерна ємність, днище якої зроблене у вигляді похилого транспортера зі спеціальною голчастою стрічкою (ширина

0,65 м). Над приводним барабаном транспортера усередині ємності встановлений голчастий барабан, що обертається назустріч напрямку руху стрічки. На виході з живильник-дозатор мається розпушуючий голчастий барабан (швидкість обертання $8,5 \text{ хв}^{-1}$)[90].

Продуктивність живильник-дозатор волокна контролюється шибром з ручним гвинтовим приводом і швидкістю транспортера і складає 0,08...0,7 кг/с[90].

Конвеєр призначений для подачі шару розчину з розподіленими і зафіксованими на ньому волокнами в перший віброекструдер каскаду, що змішує [90].

Конвеєр має привід з регулюванням швидкості транспортерної стрічки шириною 0,65 м від 0,05 до 1,45 м/с [90].

На ділянці фіксації фібр у розчині притискає стрічка встановлена з можливістю регулювання вихідного зазору і кута нахилу стрічки щодо конвеєра[90].

Віброекструдери, що змішують, призначені для змішування розчину з волокнами [90].

Перший віброекструдер складається зі звареного пірамідального бункера висотою 0,5 м, встановленого стаціонарно на пружинах під приводним барабаном конвеєра. Внутрішній простір цього бункера розділений на відсіки за допомогою похилих перегородок. Отже створюється кілька каналів, що звужуються, в одному бункері. Цим досягається необхідне змішування компонентів суміші і забезпечується зростання продуктивності віброекструзії, а також висока якість формуючих виробів. Віброелемент ІВ-104 жорстко закріплений на передній стінці бункера. Розмір вихідного отвору віброекструдера регулюється шибром з ручним гвинтовим приводом. На рамі з боків бункера встановлені два ударники, що представляють собою ексцентрикові механізми з бойками, що працюють синхронно від одного приводу[90].

Другий віброекструдер, що змішує, по конструкції аналогічний першому, має додатково стрічковий роздавальний транспортер [90].

Кут повороту роздавального транспортера встановлюється, виходячи з умови забезпечення рівномірного завантаження формуючого віброекструдера по всій його ширині. Привід коливання здійснюється від редуктора приводу роздавального транспортера [90].

У формуючому віброекструдері відбувається останнє змішування фібр з розчином і формування потрібного профілю. Формуючий віброекструдер установлений на пружинній підвісці в прорізі піднімальної силової рами і складається з корпуса коробчатого перетину і змінної формуючої голівки висотою 0,5 м. Рух силової рами здійснюється в направляючих за допомогою лебідки. Вертикальна вібрація надається двома спеціальними синхронізованими вібраторами: ударні коливання – двома синхронізованими ударниками, встановленими по торцях силової рами [90].

Самохідне шасі призначене для розміщення на ньому вузлів установки і руху віброекструзійної установки по рейковому шляху. Самохідне шасі являє собою зварений портал з приводом переміщення. На верхній рамі порталу знаходиться площадка для обслуговування віброекструзійної установки і розміщення агрегатів установки. Привід переміщення забезпечує робочу швидкість формування $4 \dots 25 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ з безступінчастим регулюванням і транспортне переміщення пристрою з постійною швидкістю 0,42 м/с [90].

Для включення приводу в режим робочого ходу використовується електромагнітна багатодискова муфта з дистанційним керуванням [90].

Для варіанта розміщення віброекструзійної установки в безкрановому цеху шасі обладнано підйомником для металевої форми з виробом [90].

Електроустаткування забезпечує роботу пристрою в режимах ручного і напівавтоматичного керування [90].

Продуктивність віброекструзійної установки по фібробетону, м³/с – до $1,4 \cdot 10^{-3}$

Габаритні розміри віброекструзійної установки, м:

висота – 4,7;

довжина – 8,2;

ширина – 3,2

Ширина колії – 2,8 м.

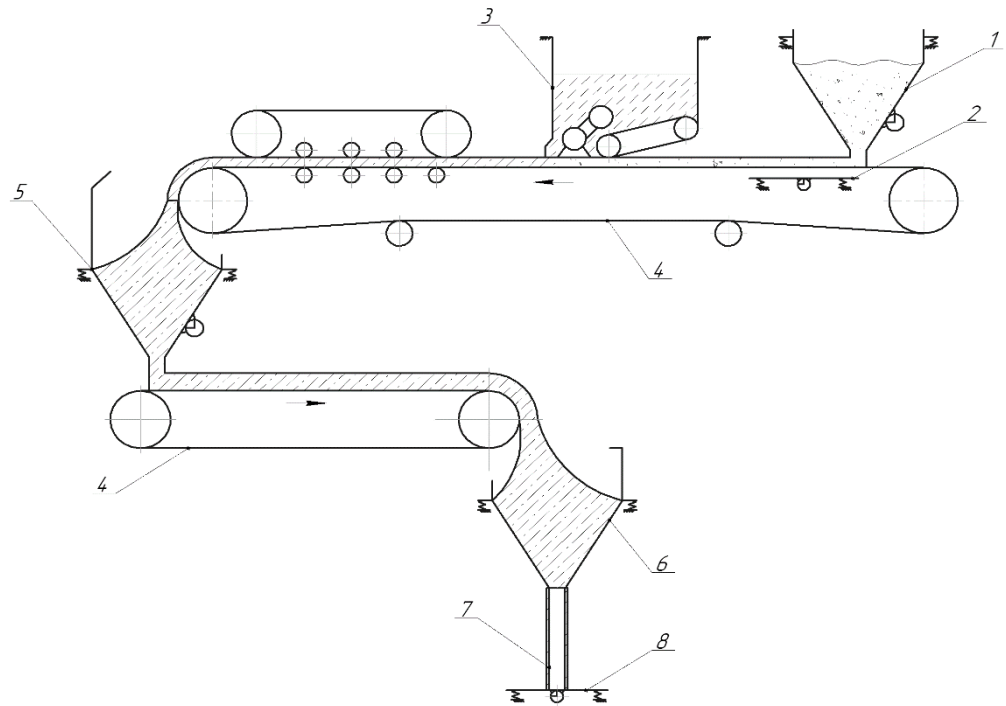
Віброекструзійна установка працює в складі технологічної лінії по виробництву будівельних виробів із дрібнозернистого бетону, армованого мінеральними фібрами, розміщеної на території підприємства [90].

Технологічна лінія складається з вузла приготування розчину, віброплощадки, контейнерів для розчину і мінерального фіброволокна, парку металевих форм, вантажопідйомального устаткування і, власне, пересувної віброекструзійної установки[90].

Приготування розчину проходить на існуючому розчинобетонному вузлі. Готовий розчин у кубелі доставляється до виробничого корпусу в зону дії баштового крана і подається в бункер віброекструзійної установки [90].

Мінеральне фіброволокно (грубе базальтове) перевантажується з контейнера у відповідний живильник-дозатор віброекструзійної установки. Підготовлена форма баштовим краном встановлюється на шляху руху установки. Віброекструзійна установка піднімає форму, транспортує в цех і встановлює на вібруючу площадку [90].

Після закінчення циклу формовання віброекструзійна установка знімає форму з виробом з вібромайданчика і транспортує її з цеху. Потім баштовим краном форма з виробом відправляється на тепловологу обробку в пропарювальну камеру [90].



- 1 – дозатор-живильник цементного розчину; 2 – вібростіл; 3 – дозатор-живильник грубого мінерального волокна; 4 – конвеєр;
 5 – віброекструдер, що змішує; 6 – формуючий віброекструдер; 7 – форма;
 8 – вібростіл форми

Рисунок 1.1 – Схема виробництва фібробетонну

2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРОЕКСТРУЗІЇ ФІБРОБЕТОНУ

2.1 Фізична модель процесу віброекструзії

Фізична модель процесу віброекструзії зображена на рисунку 2.1.

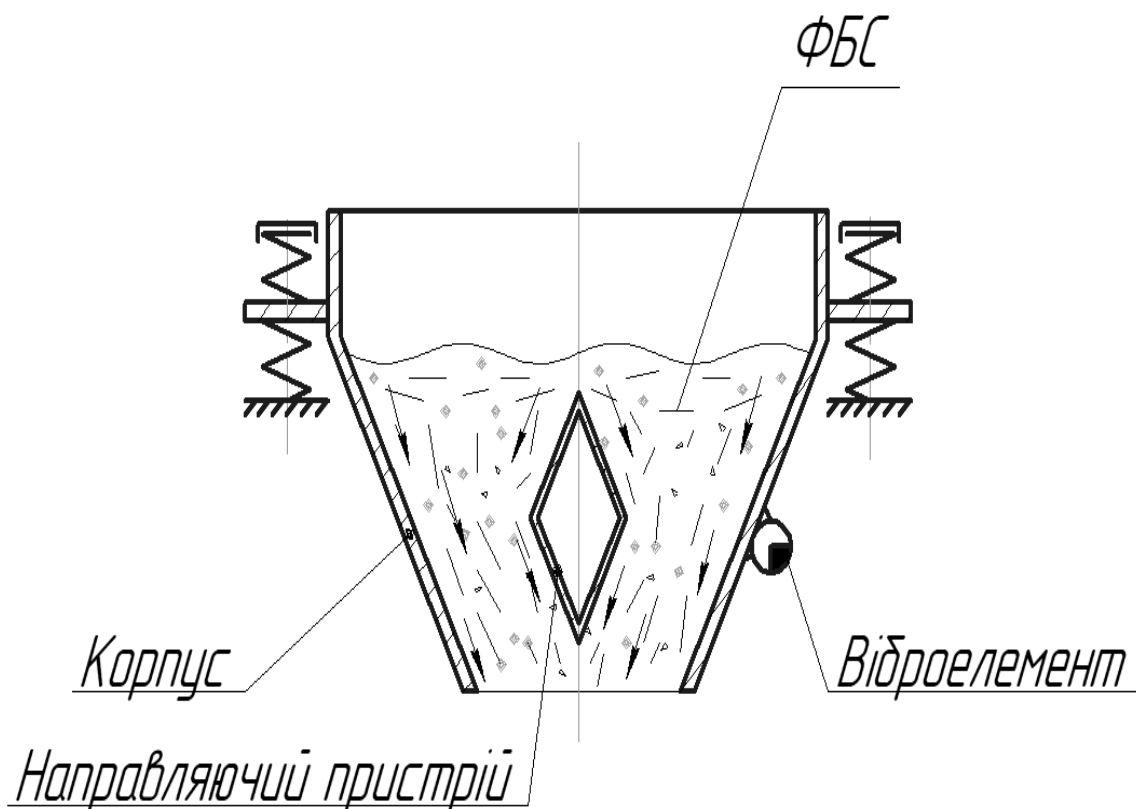


Рисунок 2.1 – Фізична модель процесу віброекструзії

Основні положення фізичної моделі процесу:

- 1) Фібробетонна суміш, що перебуває під впливом вібрації, поводить себе як рідини, через те найбільш придатними для розрахунку процесів і реологічних характеристик є гідродинамічні теорії [90].
- 2) Плин суміші у каналах бункера віброекструдера розглядаємо, як послідовний плин у конічному, двох круглих кільцевих каналах, що звужується і знову у конічному каналі[90].
- 3) Використовуємо феноменологічний підхід, який приймає фібробетонну суміш, як однорідне ізотропне середовище. Про структуру

суміші роблять лише загальні застереження [90].

4) Вібруючі фібробетонні суміші при параметрах вібрації, які створюються традиційними вібраторами, являють собою псевдоньютонівські системи[90].

5) Віброекструзійний ламінарний зсувний плин здійснюється під дією гідростатичного тиску маси в результаті тиксотропного зменшення в'язкості композиції [90].

6) В процесі віброекструзії відбувається ламінарне конвективне перемішування[90].

7) При плинні композиційного матеріалу у каналі бункера віброекструдера відбувається природна орієнтація фібр за рахунок деформацій зсуву[90].

8) Виконання вставки у вигляді подвійного конуса виключає утворення окремих змішувально–живильних ділянок, внаслідок чого плин суміші відбувається суцільним потоком[90].

2.2 Математичний опис процесу орієнтування фібр при віброекструзії

Для спрощення вирішення задачі процес плину суміші у віброекструдері розглядається, як послідовний плин у конусному каналі, який звужується (перша зона), у кільцевих каналах (друга і третя зони) і знову у конусному каналі, який звужується (четверта зона). За напрямком плину суміші у 1, 2 і 4 каналах приймаються прямі, які проходять через точки перетину продовжень похилих стінок каналів. Конструктивно приймаємо для 3 зони нахил нижньої частини направляючого пристрою таким же, як і нахил стінок бункера віброекструдера. Висота шару суміші у бункері при віброекструзії є сталою. Приймається, що на вході у бункер волокна розташовані горизонтально.

2.2.1 Процес змішування фібробетонної суміші у круглому кільцевому каналі

Розглянемо процес простого змішування в умовах ламінарного плину при відсутності дифузії, який відбувається у круглому кільцевому каналі. При розгляді процесу використовується феноменологічний підхід, який приймає фібробетонну суміш, як однорідне ізотропне середовище, а про структуру суміші робляться лише загальні застереження. Вважається, що вібруючі фібробетонні суміші при віброекструзії являють собою псевдоньютонівські системи [73].

Розрахункова схема процесу подана на рисунок 2.2. Висота стовпа суміші l у кільцевому вертикальному каналі підтримується постійною.

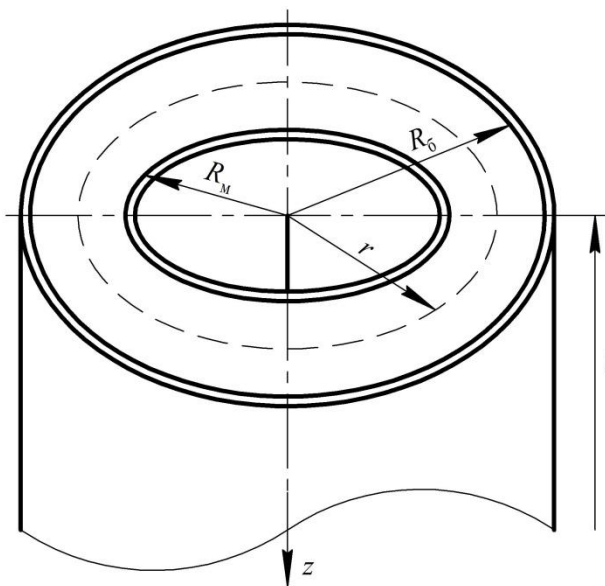


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема процесу у круглому кільцевому каналі постійного поперечного перерізу

У випадку ізотермічного постійного прямолінійного плину ньютонівської рідини за рахунок перепаду тиску $\frac{\partial p}{\partial z}$ у круглому кільцевому каналі сталого поперечного перерізу при граничній умові, що швидкість плину на стінках каналу дорівнює нулю, формули для розрахунку швидкості u і об'ємної витрати q [74-76] мають вигляд:

$$u = -\frac{1}{4\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left[\left(R_6^2 - R_M^2 \right) \frac{\ln \frac{r}{R_M}}{\ln \frac{R_6}{R_M}} - \left(r^2 - R_M^2 \right) \right], \quad (2.1)$$

$$q = -\frac{\pi}{8\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left(R_6^2 - R_M^2 \right) \left(R_6^2 + R_M^2 - \frac{R_6^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_6}{R_M}} \right), \quad (2.2)$$

де R_6 – більший радіус круглого кільцевого каналу, м; R_M – менший радіус круглого кільцевого каналу, м; r – поточний радіус круглого кільцевого каналу, м; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості суміші, Па·с.

Швидкість зсуву $\dot{\gamma}$ визначимо з виразу (2.1):

$$\dot{\gamma} = -\frac{1}{4\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left(\frac{R_6^2 - R_M^2}{r \ln \frac{R_6}{R_M}} - 2r \right) \quad (2.3)$$

Частку об'ємної витрати на ділянці між r и dr отримуємо, використовуючи рівняння (2.1) і (2.2):

$$f \left(\overline{dr} \right) = \frac{dq}{q} = \frac{4 \left[\left(R_6^2 - R_M^2 \right) \frac{\ln \frac{r}{R_M}}{\ln \frac{R_6}{R_M}} - \left(r^2 - R_M^2 \right) \right] r}{\left(R_6^2 - R_M^2 \right) \left(R_6^2 + R_M^2 - \frac{R_6^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_6}{R_M}} \right)} dr \quad (2.4)$$

Час перебування суміші у круглому кільцевому каналі визначимо за допомогою виразу (2.1):

$$t = \frac{l}{u} = \frac{4\mu l}{\frac{\partial p}{\partial z} \left[R_0^2 - R_M^2 \frac{\ln \frac{r}{R_M}}{\ln \frac{R_0}{R_M}} - R^2 - R_M^2 \right]} \quad (2.5)$$

Використовуючи рівняння (2.3) і (2.5) запишемо формулу для розрахунку деформації зсуву γ :

$$\gamma = \dot{\gamma} t = \frac{\left(\frac{R_0^2 - R_M^2}{r \ln \frac{R_0}{R_M}} - 2r \right) l}{\left[R_0^2 - R_M^2 \frac{\ln \frac{r}{R_M}}{\ln \frac{R_0}{R_M}} - R^2 - R_M^2 \right]} \quad (2.6)$$

Звідки знаходимо середнє значення деформації зсуву у круглому кільцевому каналі, $\bar{\gamma}$

$$\bar{\gamma} = \int_{R_M}^{R_0} \gamma f(R) dr = \frac{4l \left[\frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} - \frac{2}{3} (R_0^2 + R_0 R_M + R_M^2) \right]}{\left[R_0 + R_M \left(R_0^2 + R_M^2 - \frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} \right) \right]} \quad (2.7)$$

Частку об'ємної витрати на ділянці від R_M до r знаходимо, використовуючи вираз (2.4):

$$F(R) = \int_{R_M}^r f(R) dr =$$

$$\begin{aligned}
& \frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} \left[2r^2 \ln \frac{r}{R_M} - (r^2 - R_M^2) \right] - (r^2 - R_M^2) \\
& = \frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} \left(R_0^2 + R_M^2 - \frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} \right)
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Середнє значення часу перебування суміші у круглому кільцевому каналі :

$$\bar{t} = \int_{R_M}^{R_0} t f(r) dr = - \frac{8\mu l}{\frac{\partial p}{\partial z} \left(R_0^2 + R_M^2 - \frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} \right)} \tag{2.9}$$

На рисунку 2.3 представлений графік відносних зсувних деформацій $\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}$ у круглому кільцевому каналі ($R_M = 0,15 \text{ м}$, $R_0 = 0,18 \text{ м}$), який побудований за допомогою формул (2.6), (2.7).

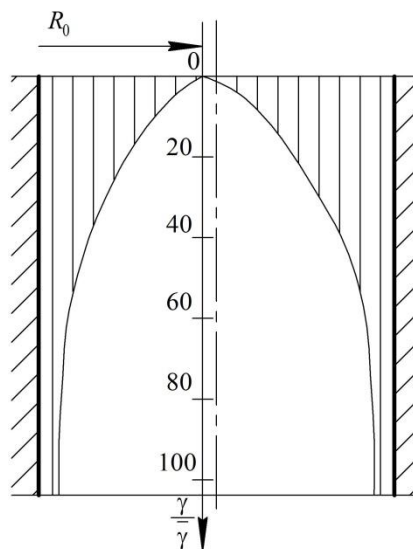


Рисунок 2.3 – Розподіл деформацій зсуву у круглому кільцевому каналі (при $r=R_0$ і $r=R_M$ деформації зсуву відповідно до виразу (2.6) дорівнюють нескінченності)

На ділянці, що дорівнює максимальній швидкості плинину (при $r = R_0$), деформація зсуву $\gamma = 0$. Розглядаючи формулу (2.1), Робимо висновок, що у

круглому кільцевому каналі максимальна швидкість зміщена від середньої лінії каналу в бік його осі і залежить від значень R_m і R_0 [90].

Екстремальне значення функції u можна отримати шляхом її диференціювання і прирівнюючи похідну від швидкості нулю. Для визначення радіуса R_o вирішимо рівняння $\frac{du}{dr} = 0$. В результаті отримаємо:

$$R_o = \sqrt{\frac{R_0^2 - R_m^2}{2 \ln \frac{R_0}{R_m}}}, \quad (2.10)$$

Кількісний опис відмінностей у деформуванні суміші при віброекструзії для круглого кільцевого каналу можна здійснити за допомогою функції розподілу деформацій [29]. Для каналу віброекструдера, який розглядається в якості змішувача безперервної дії, функція розподілу деформацій (ФРД) $f(\gamma)d\gamma$ визначається як частка об'ємної витрати на виході з каналу з сумарною деформацією зсуву в інтервалі між γ і $\gamma + d\gamma$.

Інтегральна ФРД $F(\gamma) = \int_0^{\gamma} f(\gamma)d\gamma$ є частиною об'ємної витрати на виході з каналу, яка характеризується деформацією, меншою або рівною γ [90].

Недоліком процесу змішування у круглому кільцевому каналі, як і при течії у будь-яких каналах, є нерівномірність деформацій зсуву у всьому об'ємі матеріалу (рисунок 2.3). Особливістю плинності суміші у такому каналі є нерівномірність витрати на ділянках каналу по обидва боки від місця, де швидкість максимальна (для розглянутого випадку – 0,48 об'ємної витрати на ділянці $R_m \leq r \leq R_o$ і 0,52 об'ємної витрати на ділянці $R_o \leq r \leq R_0$)[90].

Для визначення характеру зміни складової швидкості плинності u_i та орієнтування фібр у суміші було розроблена програма розрахунку на ПЕОМ.

2.3 Процес орієнтування фібр у конічному каналі при віброекструзії

Розглянемо процес орієнтування фібр в умовах ламінарного плину при відсутності дифузії, який здійснюється у конічному каналі. При розгляді процесу використовується феноменологічний підхід, в якому розглядаємо фібробетонну суміш, як однорідне ізотропне середовище, а про структуру суміші робляться лише загальні застереження. Враховується, що вібруючі фібробетонні суміші при віброекструзії являють собою псевдоньютонівські системи [68].

Розрахункова схема процесу представлена на рис. 2.4 (r, φ – поточні радіус і кут). Початок координат знаходиться у вершині конуса, який утворюється при подовженні бічної поверхні зрізаного конуса. Передбачається, що всі прямі лінії, які радіально виходять через початок координат, є лініями плину, а перепад тиску Δp у каналі довжиною $L = L_2 - L_1$ підтримується постійним [90].

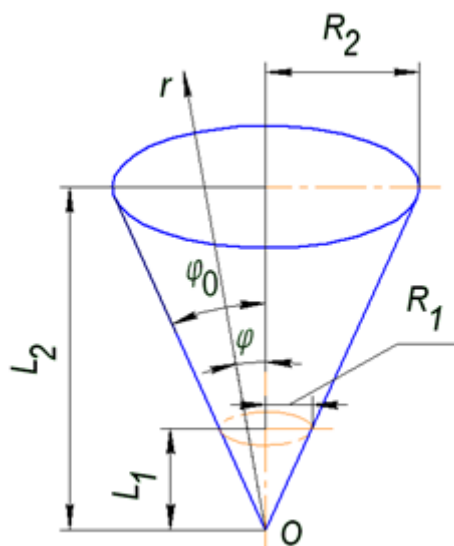


Рис.2.4 – Розрахункова схема процесу

У випадку ізотермічного плин у ньютонівської рідини за рахунок перепаду тиску Δp у конічному каналі довжиною $L = L_2 - L_1$ формули для розрахунку радіальної швидкості u_r [77] і витрати q [67] мають вигляд:

$$u_r = \frac{3q}{2\pi r^2} \cdot \frac{\xi^2 - \xi_0^2}{1 + 2\xi_0 \xi - \xi_0^2}, \quad (2.11)$$

$$q = \frac{3\pi\Delta p}{8\mu L} \cdot \frac{R_1^3 R_2^3}{R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2}, \quad (2.12)$$

де $\xi = \cos\varphi$, $\xi_0 = \cos\varphi_0$; φ_0 – кут нахилу стінки каналу до вертикалі, рад; μ – в'язкість суміші, Па·с; R_1 і R_2 – внутрішні радіуси, відповідно, на виході з конусу і на вході у конус, м.

Формулу (2.13) можна записати у вигляді:

$$u_r = \frac{c \cos^2 \phi - \cos^2 \phi_0}{r^2}. \quad (2.13)$$

де $c = \frac{3q}{2\pi (1 + 2\cos\varphi_0)(1 - \cos\varphi_0)^2}$.

Швидкість зсуву $\dot{\gamma}$ визначимо з виразу (2.14):

$$\dot{\gamma} = \frac{c}{r^3} \sin 2\varphi. \quad (2.14)$$

Середня швидкість по довжині каналу:

$$u_{r,cp} = \frac{1}{L_2 - L_1} \int_{L_1/\cos\phi}^{L_2/\cos\phi} u_r dr = \frac{c \cos^2 \phi - \cos^2 \phi_0}{L_1 L_2}. \quad (2.15)$$

де L_1 – відстань від початку координат до вихідного зрізу бункера; $L_2 - L_1$ – висота стовпа суміші в бункері.

Час перебування суміші у конічному каналі визначимо за допомогою виразу (2.15):

$$t = \frac{L_2 - L_1}{u_{r,cp} \cos\phi} = \frac{L_2 - L_1}{c \cos^2 \phi - \cos^2 \phi_0} \frac{L_1 L_2}{\cos\phi}. \quad (2.16)$$

З формули (2.14) можна знайти середню швидкість зсуву по довжині кінченного каналу:

$$\dot{\gamma}_{cp} = \frac{1}{L_2 - L_1} \int_{L_1/\cos\varphi}^{L_2/\cos\varphi} \dot{\gamma} dr = \frac{c(L_1 + L_2) \sin\varphi \cos^4\varphi}{L_1^2 L_2^2}. \quad (2.17)$$

Використовуючи рівняння (2.16) і (2.17) запишемо вираз для середньої по довжині каналу деформації зсуву $\bar{\gamma}_\varphi$:

$$\bar{\gamma}_\varphi = \dot{\gamma}_{cp} t = \frac{L_2^2 - L_1^2 \sin\varphi \cos^3\varphi}{L_1 L_2 \cos^2\varphi - \cos^2\varphi_0}. \quad (2.18)$$

Кут нахилу фібр β відносно осі r в результаті проходження сумішню каналу, що звужується, можна визначити наступним чином:

$$\beta = \text{arcctg}[\bar{\gamma}_\varphi] = \text{arcctg} \left| \frac{L_2^2 - L_1^2 \sin\varphi \cos^3\varphi}{L_1 L_2 \cos^2\varphi - \cos^2\varphi_0} \right|. \quad (2.19)$$

Кут нахилу фібр α в перерізі круглого виробу відносно осі формування:

$$\alpha = \beta + \varphi. \quad (2.20)$$

2.4. Процес плинності фібробетонної суміші у круглому кільцевому каналі, що звужується

Розрахункова схема процесу у круглому кільцевому каналі, що звужується, подана на рис. 2.5 Висота стовпа суміші L у вертикальному каналі підтримується постійною[90].

Застосовуючи рівняння (2.12), знаходимо

$$\frac{\partial p}{\partial z} = - \frac{8\mu Q}{\pi (R_0^2 - R_M^2) \left(R_0^2 + R_M^2 - \frac{R_0^2 - R_M^2}{\ln \frac{R_0}{R_M}} \right)} \quad (2.21)$$

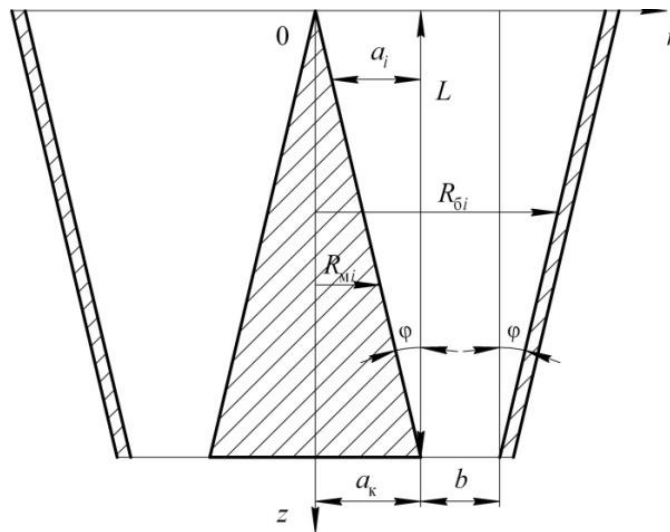


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема процесу у круглому кільцевому каналі, що звужується (поздовжній переріз каналу)

Приймаємо, що в елементарному об'ємі висотою dz ($0 \leq z \leq L$) значення $\frac{\partial p}{\partial z}$ є сталою величиною і обчислюється за формулою (2.21), а поточні радіуси кільцевого перерізу R_{oi} , R_{mi} обчислюються за допомогою поточних значень координат $z_i = z_{i-1} + dz$ ($i=1,2,\dots$) за формулами

$$R_{mi} = a_k - a_i,$$

$$R_{oi} = a_i + b + a_k,$$

де $a_i = (L - z_i) \operatorname{tg} \varphi$; $L = a_k \operatorname{ctg} \varphi$; a_k, b – задані кінцеві розміри круглого кільцевого каналу, що звужується, м, φ – кут нахилу твірної каналу до вертикалі, град.

Для визначення характеру зміни складової швидкості плинину u_i та орієнтування фібр у суміші було розроблена програма розрахунку на ПЕОМ.

2.5 Розрахунок орієнтації фібр при виготовленні круглого виробу

Розглянемо приклад формування круглого фібробетонного стовпчика діаметром 0,08 м, якщо висота шару суміші в бункері віброекструдера $L_2 - L_1$ дорівнює 0,5 м а кут нахилу стінок бункера до вертикалі $\varphi_0 = 30^\circ$. Кут нахилу фібр β в перерізі круглого виробу відносно напрямку плинину суміші у віброекструдері, розрахуємо за допомогою формули (2.19) [90]. Результати розрахунків наведені на рисунку 2.6

З рисунку 2.6 бачимо, що зі збільшенням кута φ кут нахилу фібр відносно напрямку плинину суміші у віброекструдері β зменшується. Найгірше орієнтування фібр буде спостерігатися у центральній частині виробу.

За допомогою рівняння (2.20) побудуємо графік залежності кута нахилу фібр α по товщині круглого виробу з радіусом R (рисунок 2.7).

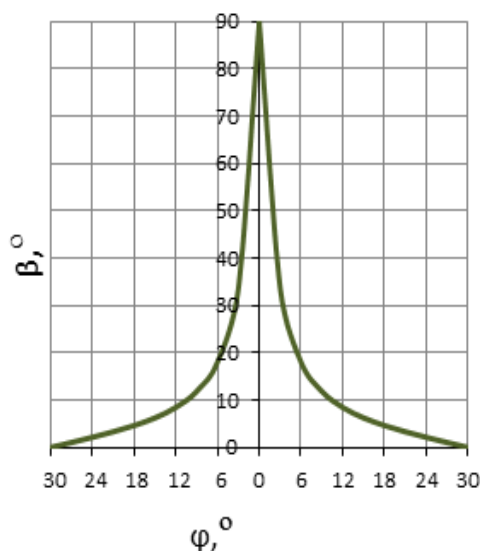


Рис.2.6 – Кут нахилу фібр β в перерізі круглого виробу відносно напрямку плинину суміші у віброекструдері

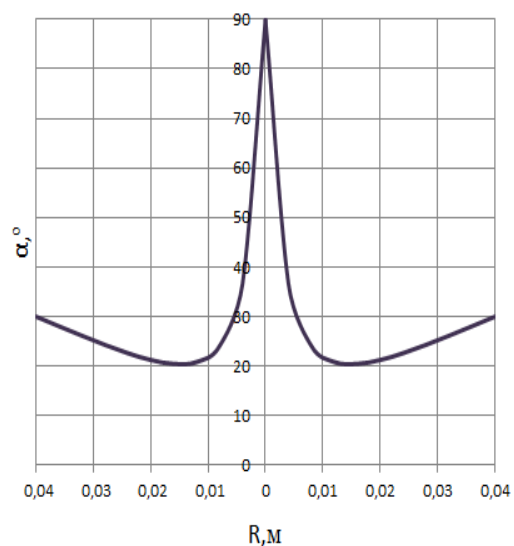


Рис.2.7 – Кут нахилу фібр α по товщині круглого виробу відносно напрямку формування

$$\bar{\gamma} \varphi_i = \frac{L_{2i}^2 - L_{1i}^2 \sin \varphi_i \cos^3 \varphi_i}{L_{1i} L_{2i} \cos^2 \varphi_i - \cos^2 \varphi_0},$$

де $L_i = L_{2i} - L_{1i}$ – довжина конічного каналу, м; φ_0 – кут нахилу стінки конічного бункера віброекструдера до вертикалі, рад; φ_i – поточний кут, рад; i – номер каналу.

Звідки, кут нахилу фібр β_i відносно напрямку руху в результаті проходження сумішшю конічного каналу, що звужується:

$$\beta_i = \text{arcctg} \left[\bar{\gamma} \varphi_i \right] = \text{arcctg} \left| \frac{L_{2i}^2 - L_{1i}^2 \sin \varphi \cos^3 \varphi_i}{L_{1i} L_{2i} \cos^2 \varphi_i - \cos^2 \varphi_0} \right|.$$

Кут нахилу фібр α відносно осі формування в результаті проходження сумішшю конічного каналу, що звужується (рис. 3):

$$\alpha_i = \beta_i + \varphi_i.$$

При розрахунку орієнтації фібр в кільцевих каналах 2 і 3 скористаємось методикою, яка була викладена в роботах [65, 66]. Кут нахилу фібр α відносно осі формування в результаті проходження сумішшю кільцевого каналу:

$$\alpha_i = \text{arcctg} \left| \frac{\left(\frac{R_{\max i}^2 - R_{\min i}^2 - 2R_i}{R_i \ln \frac{R_{\max i}}{R_{\min i}}} \right) l_i}{R_{\max i}^2 - R_{\min i}^2 - \frac{\ln \frac{R_i}{R_{\min i}}}{\ln \frac{R_{\max i}}{R_{\min i}}} (R_i^2 - R_{\min i}^2)} \right|,$$

де $R_{\max i}$ – більший радіус i -го кільцевого каналу, м; $R_{\min i}$ – менший радіус i -го кільцевого каналу, м; R_i – поточний радіус i -го кільцевого каналу, м; l_i – довжина i -го кільцевого каналу.

Слід зауважити, що у кільцевому каналі максимальна швидкість плинину суміші (при $R_i = R_{oi}$) зміщена від середньої лінії каналу в бік його осі і

залежить від значень $R_{\min i}$ і $R_{\max i}$. Величину R_{oi} можна розрахувати за формулою [65,66]:

$$R_{oi} = \sqrt{\frac{R_{\max i}^2 - R_{\min i}^2}{2 \ln \frac{R_{\max i}}{R_{\min i}}}}$$

Розглянемо праву частину симетричного бункера віброекструдера.

При проходженні сумішшю 1 зони фібри будуть розвертатися проти годинникової стрілки на кут β_1 відносно напрямку плинину, і найбільший розворот буде біля стінки бункера, де деформація зсуву γ дорівнює ∞ – $\alpha_1 = \varphi_0 = 30^\circ$. По осі бункера віброекструдера ($\varphi_1 = 0^\circ$) деформація зсуву $\gamma = 0$, фібри розвертатися не будуть і тому кут $\alpha_1 = 90^\circ$. На виході з конічного каналу при $0^\circ < \varphi_1 < \varphi_0$ кут нахилу фібр до осі формування $\alpha_1 = \beta_1 + \varphi_1$.

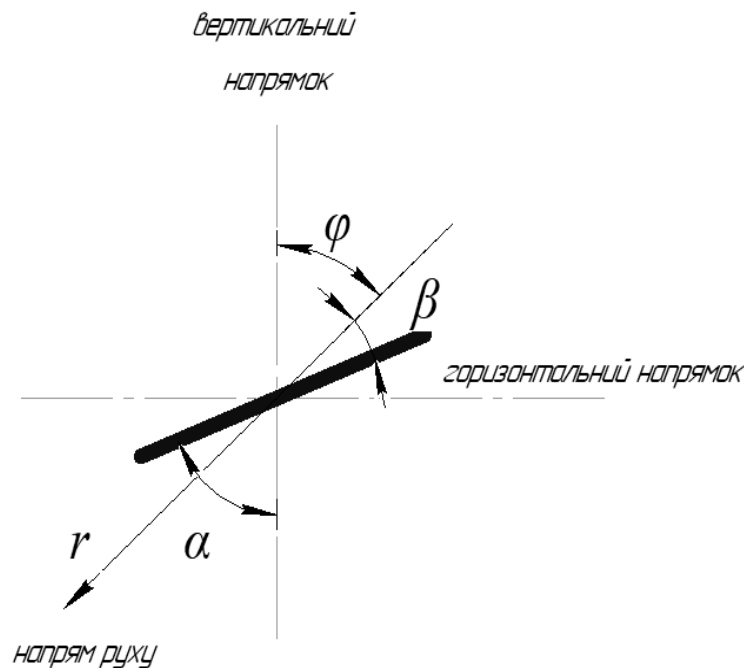


Рисунок 2.10 – Положення фібр після проходження першої зони ($0^\circ < \varphi_1 < \varphi_0$)

У 2 зоні здійснюється плин суміші у кільцевому каналі, який звужується. Біля стінок направляючого пристрою і бункера віброекструдера кут нахилу фібр до осі формування $\alpha_2 = \varphi_0 = 30^\circ$ (див. рис. 2.11). На відстані

$R_2 = R_{02}$, де швидкість плинну максимальна, а деформація зсуву $\gamma = 0$, розворот фібр здійснюватися не буде і тому $\alpha_2 = \alpha_1$. На ділянці $R_{\min 2} < R_2 < R_{02}$ фібри будуть розвертатися за годинниковою стрілкою і в результаті проходження другої зони $\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_2$, але α_2 буде не менше кута $\varphi_2 = \arctg \frac{R_{02} - R_2}{R_{02} - R_{\min 2} \operatorname{ctg} \varphi_0}$ (рис. 2.11а). На ділянці $R_{02} < R_2 < R_{\max 2}$ фібри будуть розвертатися проти годинникової стрілки і на виході з цього каналу $\alpha_2 = \alpha_1 - \beta_2$, але α_2 буде не менше кута $\varphi_2 = \arctg \frac{R_2 - R_{02}}{R_{\max 2} - R_{02} \operatorname{ctg} \varphi_0}$ (рис. 2.11б) [89].

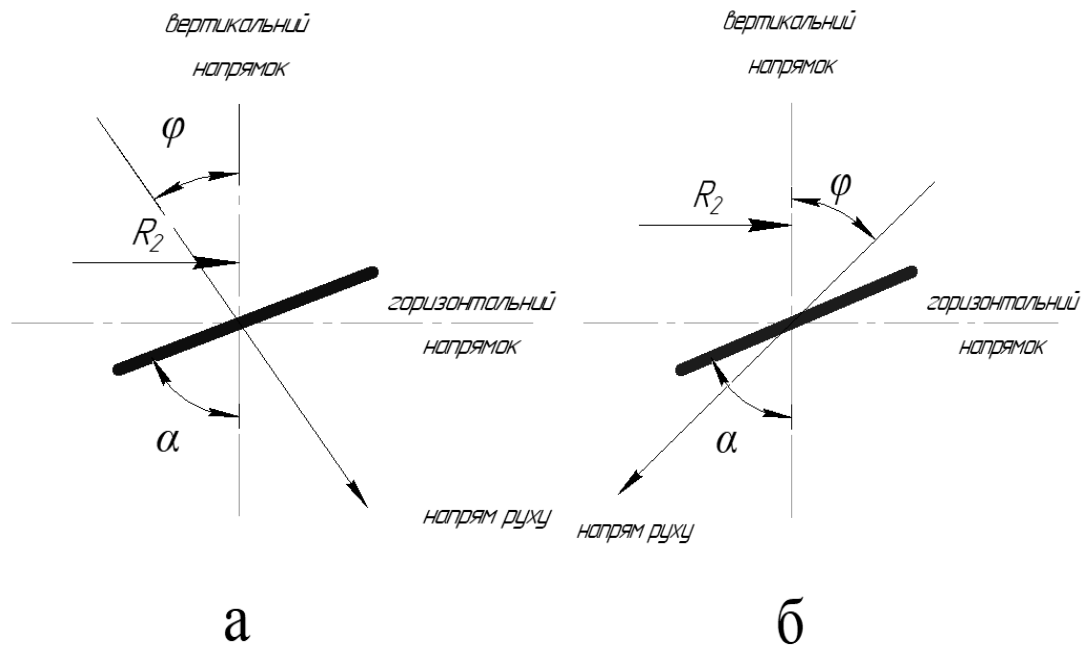


Рисунок 2.11 – Положення фібр після проходження першої зони у випадках, якщо $R_{\min 2} < R_2 < R_{02}$ (а) і $R_{02} < R_2 < R_{\max 2}$ (б)

У 3 зоні плин суміші здійснюється у кільцевому каналі однакової ширини, радіуси якого $R_{\min 3}, R_{03}, R_{\max 3}$ зменшуються у напрямку плинну і на виході з цього каналу $R_{\min 3} = 0$. Біля стінок направляючого пристрою і бункера кут нахилу фібр до осі формування $\alpha_3 = \varphi_0 = 30^\circ$. На відстані $R_3 =$

R_{03} , де швидкість плинину максимальна, а деформація зсуву $\gamma = 0$, розворот фібр здійснюватися не буде. На ділянці $R_{\min 3} < R_3 < R_{03}$ фібри будуть розвертатися за годинниковою стрілкою, а на ділянці $R_{03} < R_3 < R_{\max 3}$ – проти годинникової стрілки, якщо фібри не зорієнтовані уздовж лінії плинину [89].

В4 зоні плин суміші здійснюється в конічному каналі. При $0^0 < \varphi_4 < \varphi_0$ фібри розвертаються проти годинникової стрілки на кут β_4 , якщо вони не зорієнтовані уздовж лінії плинину. Біля стінки бункера, де деформація зсуву γ дорівнює ∞ , кут $\alpha_4 = \varphi_0 = 30^0$. По осі бункера віброекструдера ($\varphi_4 = 0^0$) деформація зсуву $\gamma = 0$ і фібри розвертатися не будуть [89].

Запропонована конструкція віброекструдера дозволяє, на відміну від звичайних, здійснити здебільшого поздовжню орієнтацію дисперсної арматури у виробі круглого поперечного перерізу [89].

Ступінь орієнтування волокон необхідно задавати окремо для різноманітних виробів залежно від їх призначення, а зміна ступеня орієнтування здійснюється зміною геометрії каналів бункера віброекструдера [89].

За наведеною вище методикою була розроблена програма розрахунку, яка дозволяє спостерігати розворот фібр при плинні суміші в віброекструдері залежно від геометрії його каналів [89].

Для випадку формування виробу діаметром 0,08 мм був спроектований віброекструдер, який забезпечує орієнтацію фібр у виробі близьку до поздовжньої (середній по діаметру кут відхилення від поздовжнього положення складає близько 8^0). Розташування фібр всередині і на виході з віброекструдера подано на рисунку 2.12 [89].

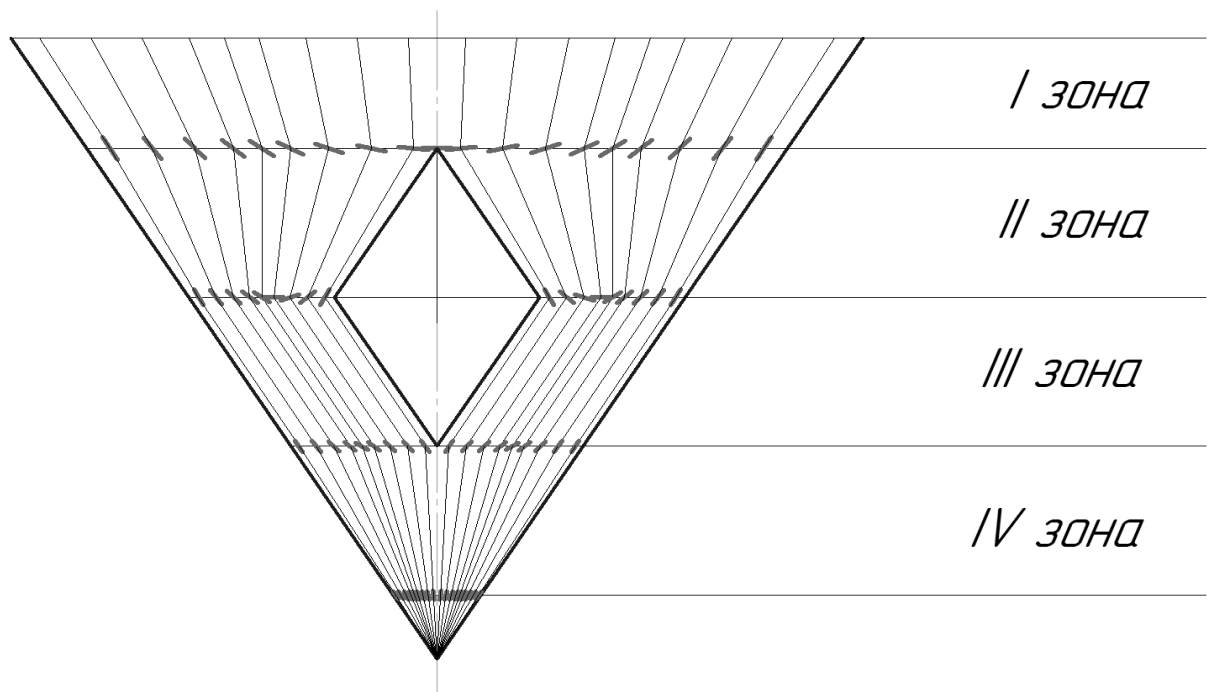


Рисунок 2.12 – Розташування фібр в процесі формування виробу у спроектованому віброекструдері

Результати роботи передбачається використовувати при проектуванні нового віброекструзійного обладнання для формування круглих у поперечному перерізі дисперсноармованих виробів[89].

У наступних дослідженнях за цією темою планується розглянути особливості протікання віброекструзійного процесу при формуванні виробів іншої конфігурації[89].

2.6 Висновки

Найбільш придатним для формування фібробетонних виробів є віброекструзійний спосіб. Процес виготовлення виробів проводиться у вібраційному полі. Коливання на перероблювальну масу передаються крізь стінки бункера віброекструдера. Головною особливістю вібрації, як однієї з різноманітних форм механічних впливів, являється можливість передачі великого імпульсу енергії системі при малій амплітуді її зміщення за період коливань. Крім цього, тільки вібраційне поле дозволяє створити в

висококонцентрованих дисперсних системах об'ємний динамічний стан з будь-яким регулюємим рівнем ізотропного руйнування структури по всьому об'єму системи. Тому, використання зовнішніх механічних вібраційних впливів є найбільш ефективним в технології бетонних сумішей і дозволяє переробляти системи з допустимо високою міцністю первинної коагуляційної структури. Внаслідок зниження в'язкості матеріалу в віброекструдері збільшується швидкість і ущільнення суміші, а також ефективність перемішування.

Орієнтація армуючих фібр і їх змішування з розчином здійснюється з плином композиційного матеріалу за рахунок зсувних деформацій, які виникають в каналі бункера віброекструдера і залежать від геометрії останнього. Екструдуювання проходить в результаті тиснення маси матеріалу зі значно зниженою в'язкістю. При протіканні в звужуючому каналі бункера віброекструдера фібробетон ущільнюється з видаленням повітря. На виході з апарата маса приймає форму, яка задана вихідним перерізом бункера віброекструдера.

Встановлено, що в умовах використаних інтенсивностях вібрації віброекструзійні бетонні і базальтобетонні суміші являються псевдоньютонівськими рідинами. Вперше були отримані формули для розрахунку орієнтації фібр в процесі плину фібробетонної суміші в кінчному каналі. Розроблено алгоритм розрахунку процесу плину фібробетонної суміші і орієнтації дисперсної арматури у запропонованому віброекструдері.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Методика визначення швидкості плинущ експериментальної рідини

Експериментальна установка заповнюється рідиною до встановлення сталого рівня – 0,5 м. Після встановлення сталого рівня рідини, для заміру швидкості руху рідини в різних точках каналу, від центру до торцевої зони через кожні 30 мм, подаються краплини забарвленої рідини. Краплини забарвленої показують траєкторії руху потоків. Завдяки цьому виконуються заміри шляху і часу проходження краплин забарвленої рідини в каналі. Досліди проводяться на експериментальній установці при атмосферному тиску та температурі рідини 20 °С.

3.2 Опис дослідної установки

Для підтвердження теорії плинущ фібробетонної суміші змодельований процес віброекструзії. Експериментальна установка являється прозорий конічний канал, всередині якого встановлений розподільний конус, і має карман. Діаметр отвору 0,08м.

Основними положеннями фізичної моделі процесу віброекструзії є:

1) фібробетонна суміш, що перебуває під впливом вібрації, поводить себе подібно рідини, через те найбільш придатними для розрахунку процесів і реологічних характеристик є гідродинамічні теорії[90];

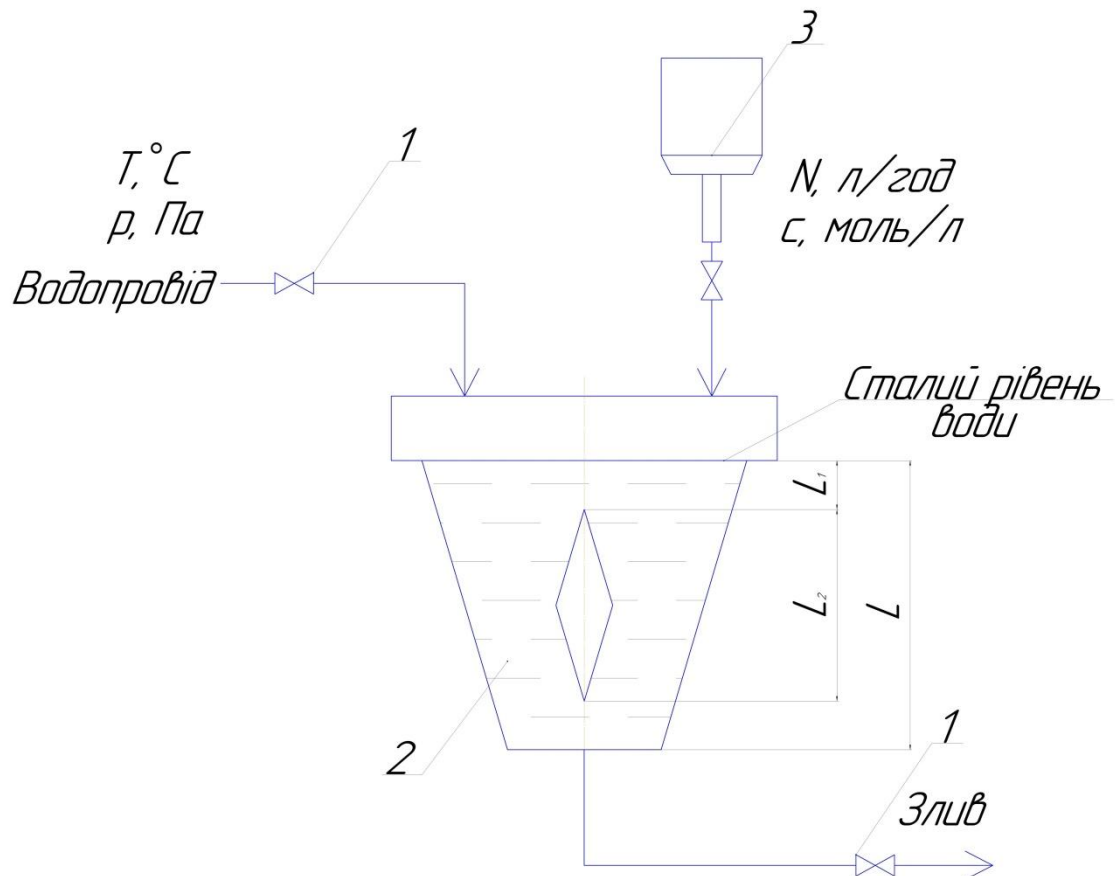
2) використовується феноменологічний підхід, який приймає фібробетонну суміш, як однорідне ізотропне середовище[90];

3) вібруючі фібробетонні суміші при параметрах вібрації, які створюються стандартними вібраторами, являються собою псевдоньютонівські системи [90].

Виходячи з вищесказаного, для достовірності дослідних

значень експериментальна рідина має бути ньютонівською. Процес змодельований наводі, температура якої становить 20°C .

Для підтвердження теорії плинності фібробетонної суміші у запропонованому віброекструдері був змодельований процес за допомогою експериментальної установки, яка подана на рисунку 3.1.



1 – вентилі; 2 – бункер; 3 – пристрій для подачі забарвленої рідини

Рисунок 3.1 – Схема зображення експериментальної установки

Параметри експериментальної установки:

- діаметр вхідного отвору, $R = 0,375$ м;
- діаметр вихідного отвору, $r = 0,08$ м;
- діаметр вхідного отвору, $R = 0,375$ м;
- сталий рівень води в експериментальній установці, $L = 0,5$ м;
- довжина подвійного, $L_2 = 0,25$ м;
- кут нахилу стінок бункера віброекструдера до вертикалі $\varphi_0 = 30^{\circ}$;

- відстань від початку координат до вершини розподільного конуса формуючого віброекструдера $L_1=0,125$ м;
- атмосферний тиск, $p= 101325$ Па ;
- температура рідини, $T= 20^\circ\text{C}$;
- концентрація забарвленої рідини, $c= 16$ мг/л;
- витрата забарвленої рідини, $N= 0,2$ л/год;

Бункер являє собою канал конічної форми, який складається з каналу та кармана. Карман гасить кінетичну енергію струменю води, забезпечує безвихрову подачу рідини і допомагає підтримати її на постійному рівні. Бункер, який був змодельований в програмі SolidWorks, показано на рисунку 3.2.

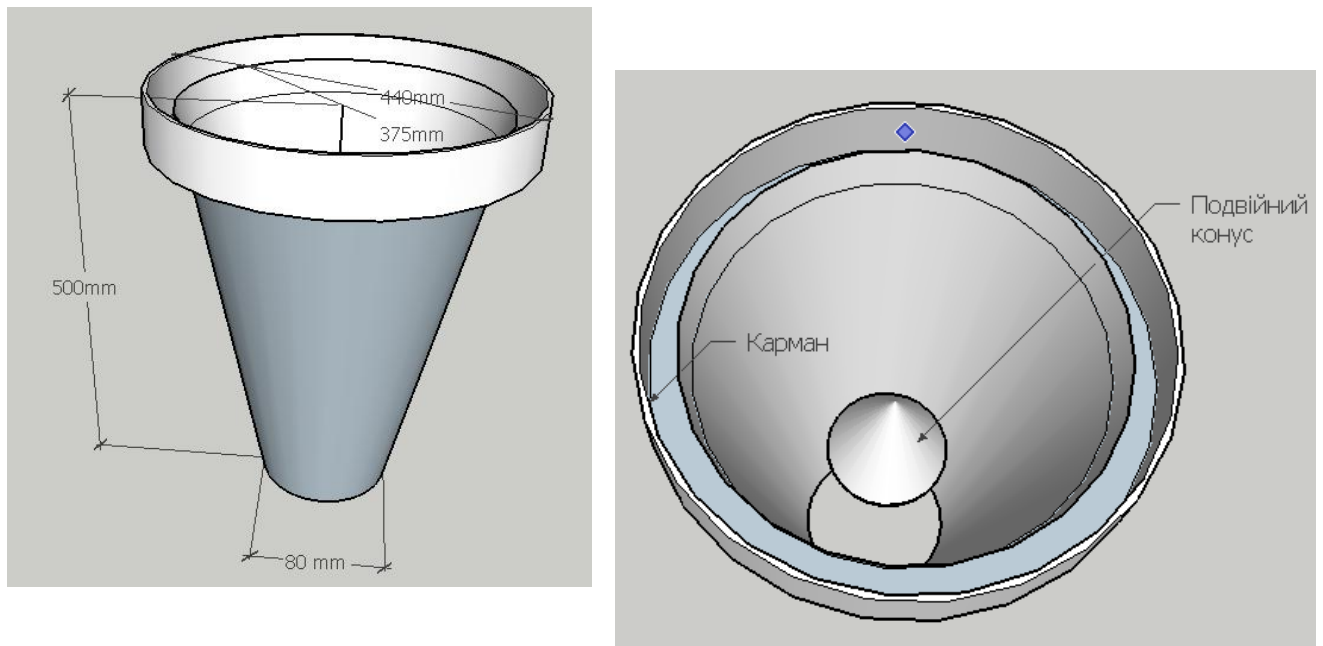


Рисунок 3.2 –Бункер для дослідження плинущої рідини в каналі

3.3 Експериментальні дослідження

Метою досліджень було визначення швидкості потоку рідини в каналі бункера залежно від значення кута φ_0 .

Досліди проводились на експериментальній установці згідно методики викладеної в п. 3.1 при атмосферному тиску та температурі навколишнього середовища 20°C .

Результати експериментів представлені в таблицях А.1 та А.2(Додаток А).

Після встановлення сталого рівня рідини, в роздавальне вікно бункера подавалися краплини забарвленої рідини, які показують траєкторії руху потоків. Завдяки цьому виконуються заміри часу проходження краплин забарвленої рідини в каналі при різних значеннях кута φ_0 стінки бункера.

На рисунку 3.3 показано місця каналу бункера де подавалися краплини забарвленої рідини.

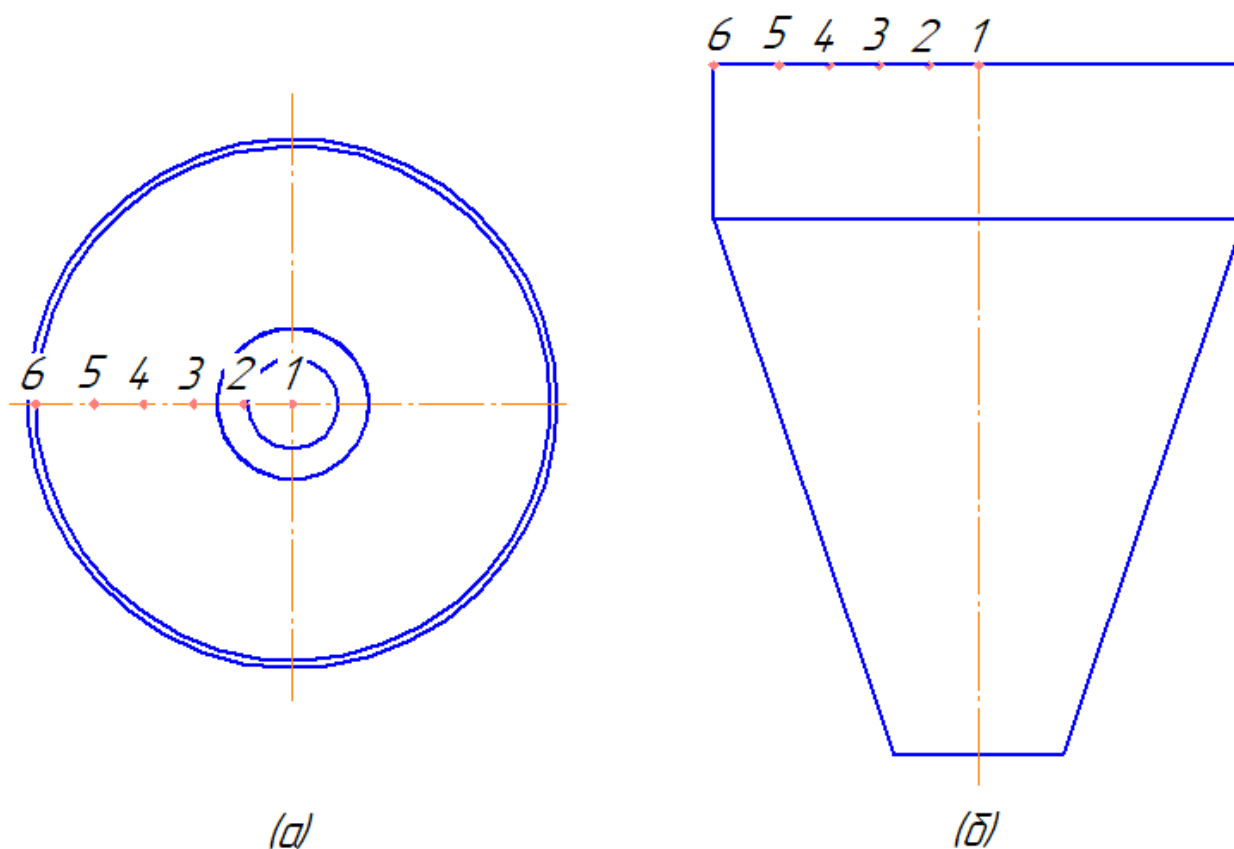


Рисунок 3.3 – Схема точок каналу бункера віброекструдера, де проводились виміри (а) – вид зверху, (б) – вид збоку

За отриманими експериментальними даними розраховуємо середні швидкості плинину рідини в каналі при різних кутах стінки:

$$U_{cp} = \frac{L}{t_{cp}},$$

де L – шлях пройдений забарвленою краплиною, м;

t_{cp} – час знаходження забарвленої краплини в бункері, с.

Розрахункові дані заносимо в таблицю А.2 (Додаток А).

Завдяки вимірам було визначено час – t , та середню швидкість проходження рідини - U_{cp} при різних кутах стінки.

3.4 Перевірка адекватності математичної моделі

Перевірка адекватності розробленої математичної моделі може бути проведена шляхом порівняння даних отриманих шляхом експериментальних досліджень та в результаті математичного моделювання.

Порівнюємо відносні середні швидкості отримані при розв'язанні математичної моделі - $U_{cp \text{ теор}}/U_{cp \text{ теор max}}$, з відносними середніми швидкостями отриманими в результаті експериментальних досліджень - $U_{cp \text{ експ}}/U_{cp \text{ експ max}}$ (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Порівняння результатів теоретичного дослідження з результатами експериментальних досліджень

Φ_0 , град	$U_{cp \text{ теор}}/U_{cp \text{ теор max}}$	$U_{cp \text{ експ}}/U_{cp \text{ експ max}}$	$U_S/U_{S \text{ max}}$
0	0,72	0,63	0,67
6	0,88	0,86	0,87
12	1	1	1
18	0,84	0,9	0,88
24	0,69	0,7	0,68
30	0	0	0

На рисунку 3.4 подано результати теоретичних та експериментальних досліджень та досліджень проведених в програмі

SolidWorks у вигляді графічних залежностей відносних швидкостей від кута φ .

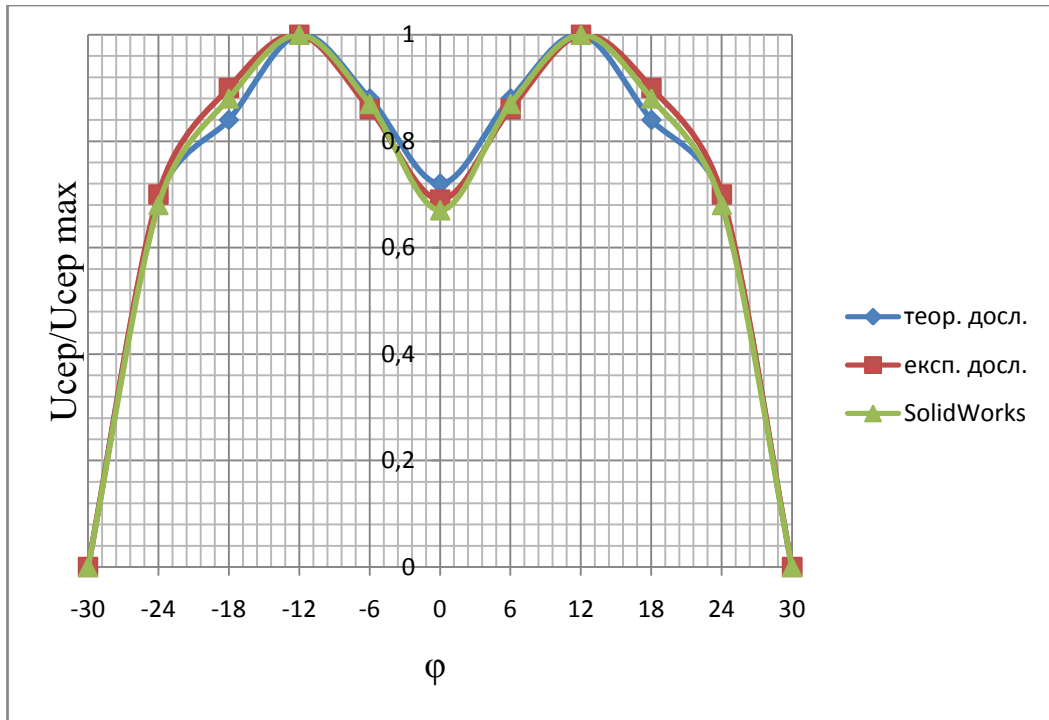


Рисунок 3.4 – Залежність відносних швидкостей на виході із каналу бункера від кута φ : теоретичні дослідження, експериментальні дослідження, дослідження проведені в програмі SolidWorks

Експериментальні дані добре узгоджуються з даними отриманими в результаті математичного моделювання теоретичних досліджень та досліджень проведених в програмі SolidWorks, це підтверджується результатами розрахунків, які наведені в додатку В. Середньоквадратичне відхилення між результатами експерименту та математичного моделювання складає не більше 7%, а середньоквадратичне відхилення між результатами моделювання в програмі SolidWorks та математичного моделювання становить не більше 5%. Отже, математична модель є адекватною.

3.5 Дослідження результату зміни деформації зсуву залежно від φ

3.5.1 Експериментальні дослідження

Мета досліджень: визначення деформації зсуву потоку рідини в різних точках каналу бункера залежно від φ .

Дослід проводиться на тій же експериментальній установці, що описана в пункті 3.1. Даний дослід проводиться при значенні кута φ .

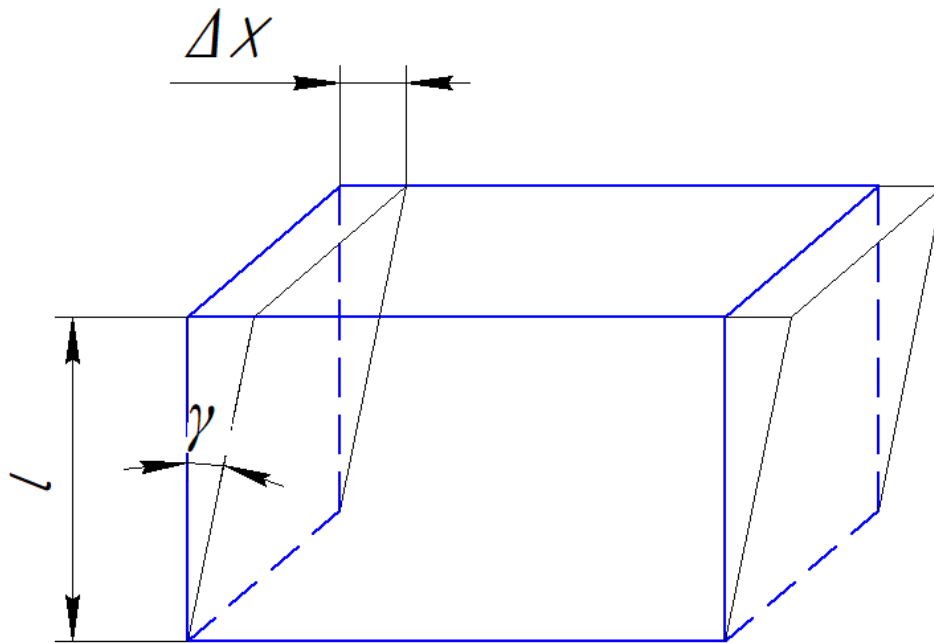


Рисунок 3.5 – Відносна деформація зсуву

За отриманими експериментальними даними розраховуємо середні деформації зсуву рідини в різних точках каналу бункера залежно від φ :

$$\gamma_{cp} = \frac{\Delta X}{l},$$

де ΔX – абсолютний зсув паралельних шарів рідини відносно одного, м;

l – відстань між шарами, с.

3.5.2 Перевірка адекватності математичної моделі

Перевірка адекватності розробленої математичної моделі проводиться так само як і в пункті 3.4.

Порівняння результатів теоретичного дослідження з результатами експериментальних досліджень наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння результатів теоретичного дослідження з результатами експериментальних досліджень

№ точки	$\gamma_{сртеор}/\gamma_{сртеорmax}$	$\gamma_{срексп}/\gamma_{срекспmax}$	γ_s/γ_{smax}
1	1	1	1
2	0,43	0,42	0,44
3	0,35	0,33	0,34
4	0,3	0,3	0,3
5	0,34	0,35	0,34
6	0,42	0,43	0,45

На рисунку 3.6 подано результати теоретичних та експериментальних досліджень та досліджень проведених в програмі SolidWorks у вигляді графічних залежностей відносних зсувних деормацій від φ .

Експериментальні дані добре узгоджуються з даними отриманими в результаті математичного моделювання та досліджень проведених в програмі SolidWorks. Це підтверджується результатами розрахунків, які наведені в додатку В. Середньоквадратичне відхилення між результатами експерименту та математичного моделювання складає не більше 7%, а середньоквадратичне відхилення між результатами моделювання в програмі SolidWorks та математичного моделювання становить не більше 5%. Отже, математична модель є адекватною.

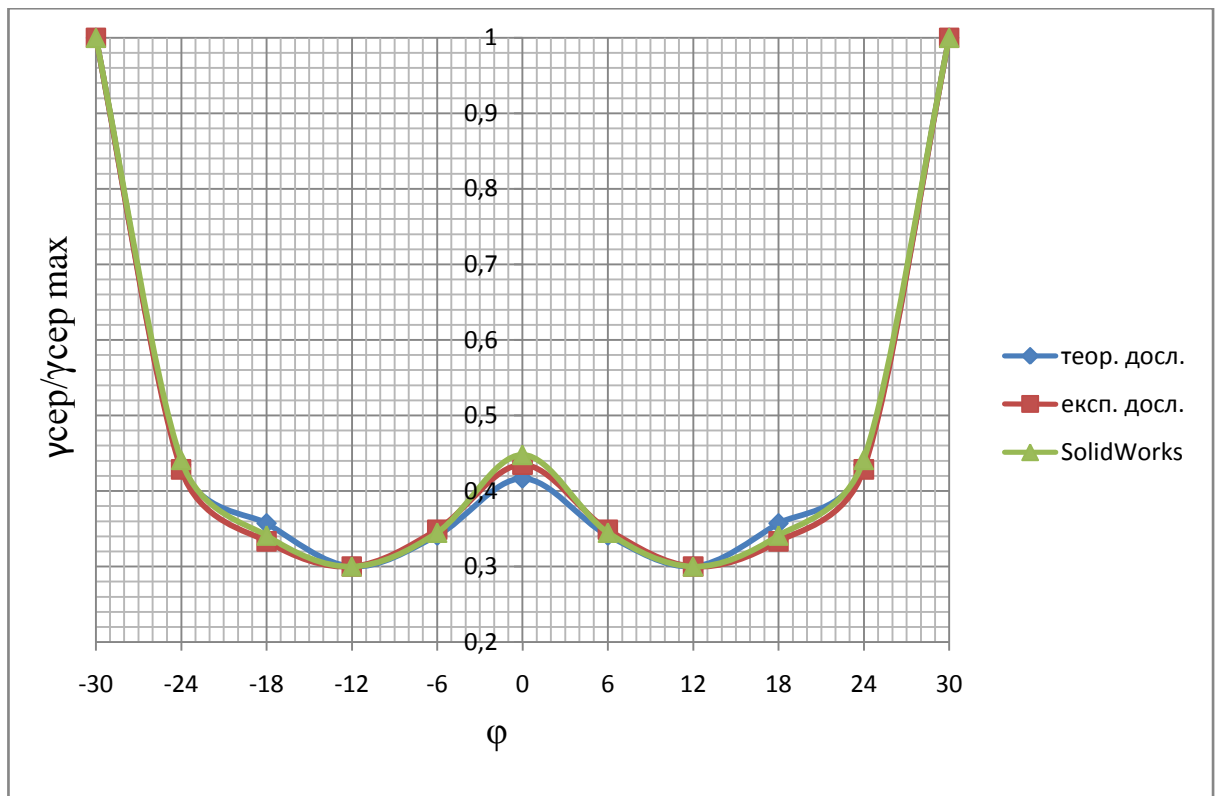


Рисунок 3.6 – Залежність відносних деформацій зсуву бункера від φ :
теоретичні дослідження , експериментальні дослідження , дослідження
проведені в програмі SolidWorks

За допомогою програми SolidWorks, бачимо швидкість плинину рідини
в бункері:

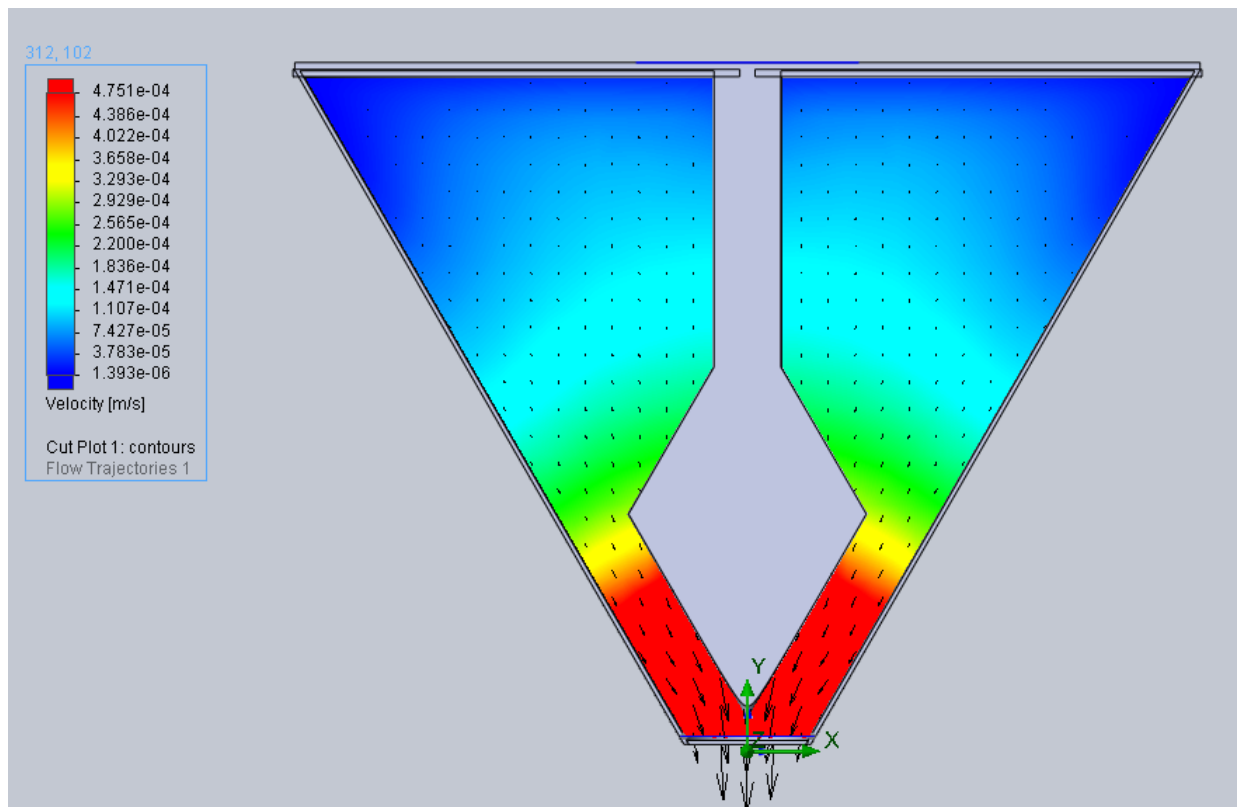


Рис 3.7– Симуляція процесу плинину рідини в бункері за допомогою програми SolidWorks

3.6 Висновки

Для перевірки адекватності математичної моделі процесу віброекструзії фібробетонних стовпчиків круглогопоперечного перерізу, було спроектовано і виготовлено експериментальну установку, яка моделює процес віброекструзії фібробетонних стовпчиків круглого поперечного перерізу у модернізованому апараті. Проведено дослідження в ході яких отримано експериментальні дані. Побудовано графік залежності відносних теоретичної та експериментальної швидкостей каналу бункера від кута φ_0 та графік залежності відносних деформацій зсуву каналу бункера від φ .

Співставлення експериментальних даних і результаті моделювання в програмі SolidWorks з результатами математичного моделювання показує високу узгодженість між ними. За результатами розрахунків встановлено, що розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними не

перевищує 7%, а між розрахунковими і змодельованими в програмі SolidWorks - 2%. Це дає змогу зробити висновок про адекватність математичної моделі. В свою чергу це означає що запропонована форма бункера дозволяє забезпечити покращення якості виробів за рахунок більш ефективного змішування компонентів фібробетонної суміші

3.7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Закон України про охорону праці зобов'язує забезпечити працюючих громадян безпечними умовами праці, що включає в себе вирішення питань безпеки праці, усунення причин травматизму і попередження професійних захворювань, аварійних ситуацій на виробництві; питання правової охорони праці. Усі працівники повинні бути ознайомлені з правилами і інструкціями з техніки безпеки і виробничої санітарії. Інструкції з техніки безпеки повинні знаходитися на робочих місцях, плакати, що ілюструють методи безпечного виконання робіт вивішуються на видних місцях. Однак, основною умовою зниження шкідливих факторів є обов'язкове виконання правил безпеки.

Тема дисертаційної роботи «Удосконалення віброекструзійного процесу виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків». Запровадження нових технологій та процесів, що спрямовані на полегшення праці чи підвищення її безпеки, часто пов'язане з появою нових чинників, що є загрозою життю та здоров'ю працівників. Експлуатація установки, яка пропонується в дисертаційній роботі теж супроводжується шкідливими та небезпечними чинниками (факторами) і має певний ризик.

В даному розділі дипломного проекту аналізуються умови праці оператора у виробничому приміщенні виготовлення фібробетонних виробів. Площа робочого приміщення $S = 75 \text{ м}^2$, $V = 250 \text{ м}^3$. Настадії обслуговування установки працює один робітник – оператор у виробничому приміщенні виробництва фібробетону.

В продовж роботи установки найбільш ймовірні такі шкідливі та небезпечні фактори:

- повітря робочої зони;
- шум та вібрація;
- промислове освітлення;
- електробезпека;
- пожежна безпека;
- небезпека впливу частин , що рухаються та обертаються.

3.7.1 Повітря робочої зони

Значення величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
Холодний період року	1б	21-23	19-21	40-60	50-60	0,1	0,1
Теплий період року	1б	22-24	22-25	40-60	50-60	0,1	0,2

Робота операторів на пересувній віброекструзійній установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота проводиться в 3 зміни, цілодобово, у будь-який час року. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 173 Дж/с. У

зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Для підтримання необхідних кліматичних факторів, робоча зона забезпечується опаленням та кондиціонуванням повітря в приміщенні у відповідності з ДСН 3.3.6.042-99.

Враховуючи те що ГДК цементу $6\text{мг}/\text{м}^3$, то в теплий період року природна вентиляція втрачає свою ефективність, також використовуються штучні: загальна припливна та комбінована – загальна припливна разом з місцевою витяжною, у вигляді зонта, вентиляції у відповідності СНиП 2.04.05-86.

В якості штучної місцевої вентиляції використовуємо витяжний зонт.

Ефективна робота зонта можлива в тому випадку, якщо об'єм підтікаючої течії повітря менше об'єму відсмоктуючого повітря. Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливих речовин був мінімальним. Розрахунок цих параметрів приведено нижче, розрахункова схема зображена на рисунку 3.7.

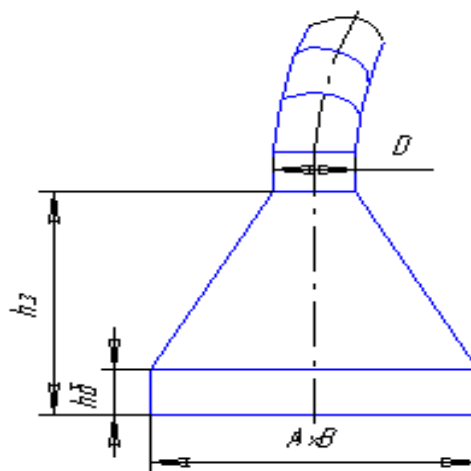


Рисунок 3.7 – Схема зонта

Знаходимо габарити зонта:

- висота підвісу зонта H приймається в границях $1,6 \div 1,8$ м:

$$H=1,7 \text{ м}$$

- розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

$$A = a + 0,8 \cdot h = 0,4 + 0,8 \cdot 1 = 1,2 \text{ м};$$

$$B = b + 0,8 \cdot h = 0,4 + 0,8 \cdot 1 = 1,2 \text{ м},$$

де a, b – сторони поверхні, що перекривається, $a = b = 0,4 \text{ м}$;

h – відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, $h = 1 \text{ м}$.

Кут зачинення зонта φ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта).

Повна висота зонта:

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6 = \frac{1,2 - 0,3}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,2 = 0,97 \text{ м},$$

де D – діаметр витяжної труби, $D = 0,3 \text{ м}$;

h_6 – висота борту, $h_6 = 0,2 \text{ м}$.

Приймаємо $h_3 = 1 \text{ м}$.

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів:

$$J_3 = 3600 \cdot F \cdot V_0 = 3600 \cdot 1,44 \cdot 0,5 = 2592 \text{ м}^3/\text{год},$$

де F – площа розрахункового перерізу, м^2 :

$$F = A \cdot B = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ м}^2,$$

V_0 – середня швидкість в розрахунковому перерізі зонта, $V_0 = 0,5 \text{ м/с}$.

Втрати тиску у вентиляційній системі $\Delta P = 55 \text{ МПа}$.

Приймаємо осьовий вентилятор МЦ-6 продуктивність якого $J_b = 2400 \text{ м}^3/\text{год}$, розвинутий повний тиск якого $P = 65 \text{ Па}$, кількість обертів колеса $n = 930 \text{ об/хв}$, ККД $\eta = 0,42$.

Вибір електродвигуна.

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться за формулою:

$$N = \frac{J_b \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_b \cdot \eta_n} = \frac{2400 \cdot 90}{3600 \cdot 102 \cdot 0,42 \cdot 0,7} = 2,5 \text{ кВт},$$

де J_b – продуктивність вентилятору, $J_b = 2400 \text{ м}^3/\text{год}$;

P – створений вентилятором тиск, $P = 65 \text{ МПа}$;

η_b – ККД вентилятора, $\eta_b = 0,42$;

η_n – ККД передачі, $\eta_n = 0,7$.

Потужність електродвигуна N розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5.

Приймаємо електродвигун потужністю $N = 2,5 \text{ кВт}$ з кількістю обертів $n = 930 \text{ об/хв}$.

Для відводу пилу над бункером встановлюємо витяжний зонт. Для нього характерно те, що між джерелом і приймачем є захищений від навколишнього середовища простір.

3.7.2 Шум та вібрація

Джерелом шуму при роботі машини є:

- електродвигуни;
- вібратори;
- приводи робочих органів.

Рівень шуму у джерелі $L = 98 \text{ дБА}$.

Операторська зроблена із цегли, шумпоглинання якої $L = 65 \text{ дБА}$.

Установленні вікна ДЕКА $L = 60 \text{ дБА}$.

Тому потрібно прийняти наступні міри до послаблення шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться ($\Delta L = 75 \text{ дБА}$);
- використання захисних засобів ($\Delta L = 70 \text{ дБА}$).

Рівень звуку на робочому місці не повинен перевищувати $L = 80 \text{ дБА}$ згідно з ДСН 3.3.6.037-99.

З метою зниження шуму та вібрації віброуючі частини установки закріплені за допомогою пружин, тому не виникають вібрації що перевищують допустимі межі відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

3.7.3 Промислове освітлення

У приміщенні, де встановлена установка віброекструзії, використовується змішане освітлення, при якому у світлий час доби недостатність природного освітлення доповнюється штучним.

Нормативне значення освітлення – 150 лк. Штучним джерелом освітлення промислового приміщення є дугові ртутні лампи ДРЛ-400 потужністю 400Вт у кількості 4 шт. і забезпечують світовий потік 19000 лм. Фактичне значення штучного освітлення $E_f=240\text{лк}$, що відповідає нормам $E_f > E_n$. Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа накаливання НВ, що дає освітлення $E=200\text{лк}$ і відповідає до ДСН 3.3.6.037-99.

3.7.4 Електробезпека

Лінія призначена для експлуатації в приміщенні з підвищеною небезпекою по ПУЄ.

Для живлення в апараті використовується трьохфазна напруга 220/380В з частотою 50 Гц з ізольованою нейтраллю.

Для боротьби з електронебезпекою проектом передбачено:

– система автоматики організована включає в себе запобіжну систему від перевантаження, від короткого замикання;

– шафи електрообладнання мають кінцеві вимикачі ,які розривають електричні кола живлення машини і знеструмлюють її при відкритті дверцят шаф(можлива робота в режимі наладки – “перемикач-робота-наладка”);

- комп'ютерний контроль стану датчиків на справність, положення і черговість роботи;
- захист від відхилення живильних та заданих напруг на регулюючих блоках і виконавчих приладах;
- блокування небезпечної роботи лінії кнопками “стоп” (грибкового типу), встановленими на всіх вузлах, доступних під час роботи обладнання і розміщених з обох сторін лінії (повна зупинка лінії);
- захист і комп'ютерна перевірка пошкодження ізоляції на всіх механізмах;
- заземлення.

Для забезпечення безпеки праці працівника при доторканні до корпусу електроустаткування, нормально знеструмленого, але яке може бути під напругою, проектом передбачено пристрій захисного заземлення. Магістраль заземлення виконується з штабової сталі перерізом 4 x 30 мм.

Для захисту від іскрових розрядів статичного струму проектом передбачено відвід зарядів за рахунок приєднання установки, комунікацій, в котрих статичний струм виникає та може накопичуватися, до заземлюючого пристрою. Загальний опір заземлення системи 3,8 Ом, що відповідає вимогам ГОСТ 12.1.030-86

Для захисту від надзвичайних ситуацій, пов'язаних з електронезбезпекою машина оснащена пультом та автоматикою аварійного вимкнення живлення, також оператор працює на ізолюючому від фундаменту помості.

3.7.5 Пожежна безпека

У процесі виробництва виробів з фібробетону використовуються такі речовини: цемент, пісок, вода, деревина, грубі базальтові фібри. Тверді горючі речовини мають $t_{\text{займання}} = 380 - 400 \text{ } ^\circ\text{C}$

Виходячи з цього, по ОНТП 24–86 виробництво за пожежною безпекою віднесено до категорії В, клас зони області П-ІІа.

Вогнестійкість будинку за ДБНВ 2.5.2.8-99 відповідає степені вогнестійкості ІІ.

Згідно СПУЕ клас зони установки П-ІІа.

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільше ймовірними є такі:

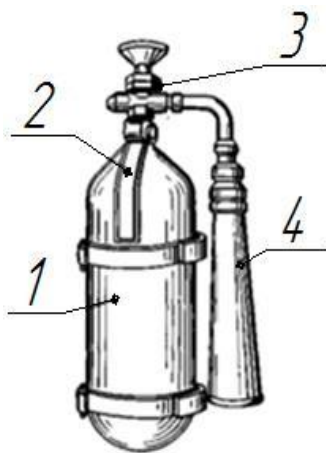
- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- використання вогню в неналежному місці.

Запобігання загорання забезпечується такими мірами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організація агітації по протипожежній безпеці;
- наявність засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежогасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники).

При займанні системи автоматики, необхідно першим чином вимкнути систему електроживлення потім, можна гасити пожежу, якщо вимкнути неможливо, то електрообладнання можна гасити лише вуглекислотними, вуглекисотно-бромметиловими, порошковими та хладоновими вогнегасниками (рисунок 3.8), вуглекислотно-бромметиловими вогнегасниками рекомендується гасити пожежі через віконні та дверні прорізи, так як заряд вогнегасника токсичний. Тому запобігання загорання у

виробничому приміщенні є вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (4 шт.) – для гасіння невеличких ділянок при відключеному електроустаткуванні та у виробничому і складському приміщенні передбачена мережа автоматичної пожежної сигналізації і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною. В приміщенні знаходяться два еваковиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м. засоби пожежогасіння повинні бути справні та розміщатися у легко доступних місцях.



1 - балон; 2 - курок; 3 - вентиль; 4 - розтруб

Рисунок 3.8- Вогнегасник ОП-2

Аварійний запас протигазів та спецодягу повинно зберігатися в установленому місті відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

Для стаціонарного пожежогасіння використовують порошкові вогнегасники САМ-9 кількістю 7 шт., кожний з яких накриває площу в 12 м². Автоматичне спрацювання відбувається при $t = 72^{\circ}\text{C}$ (через 20-25 хв. після початку горіння).

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 число евакуаційних виходів з будівель не менш за 2. Евакуаційні виходи розташовані роззосереджено. Ширина ділянок шляхів евакуації не менша 1 м, а дверей на шляху евакуації - не менше 0,8 м. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не більше 50 м.

План евакуації зображено на рисунку 3.9.

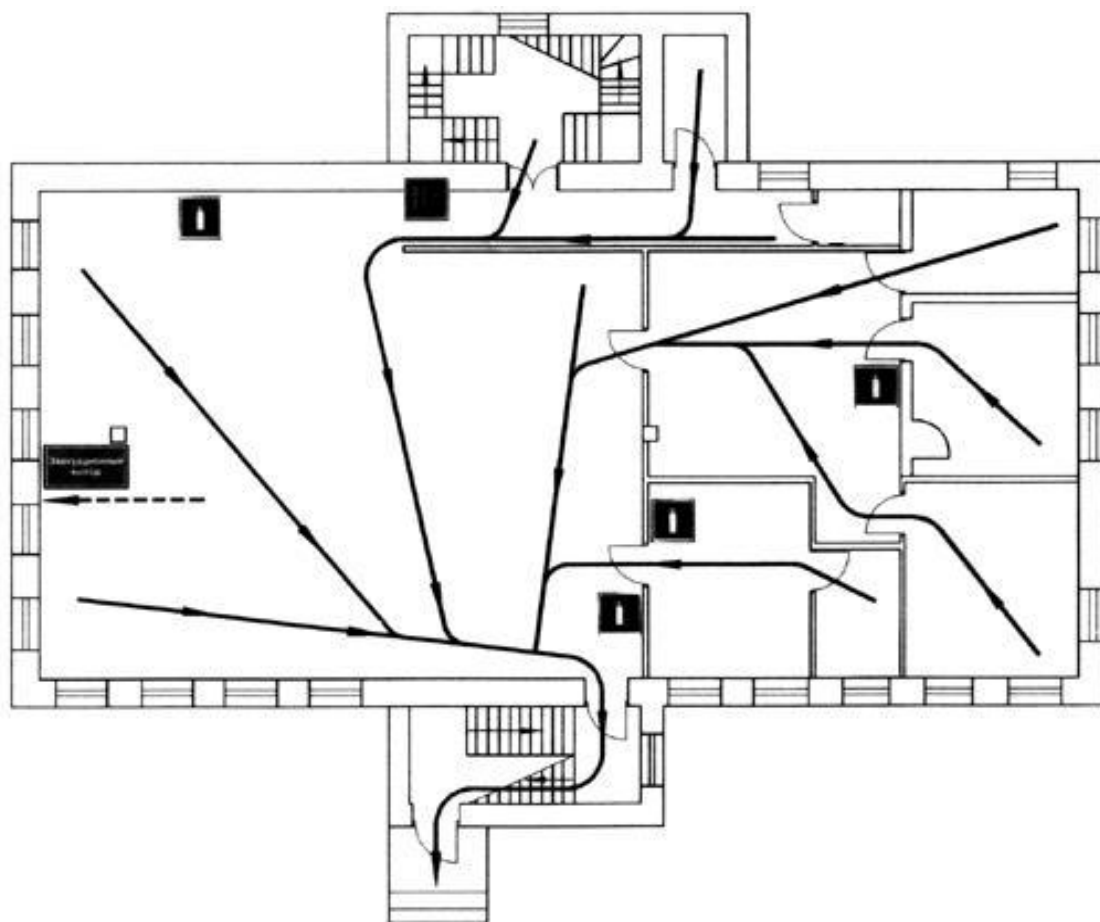


Рисунок 3.9 – План евакуації

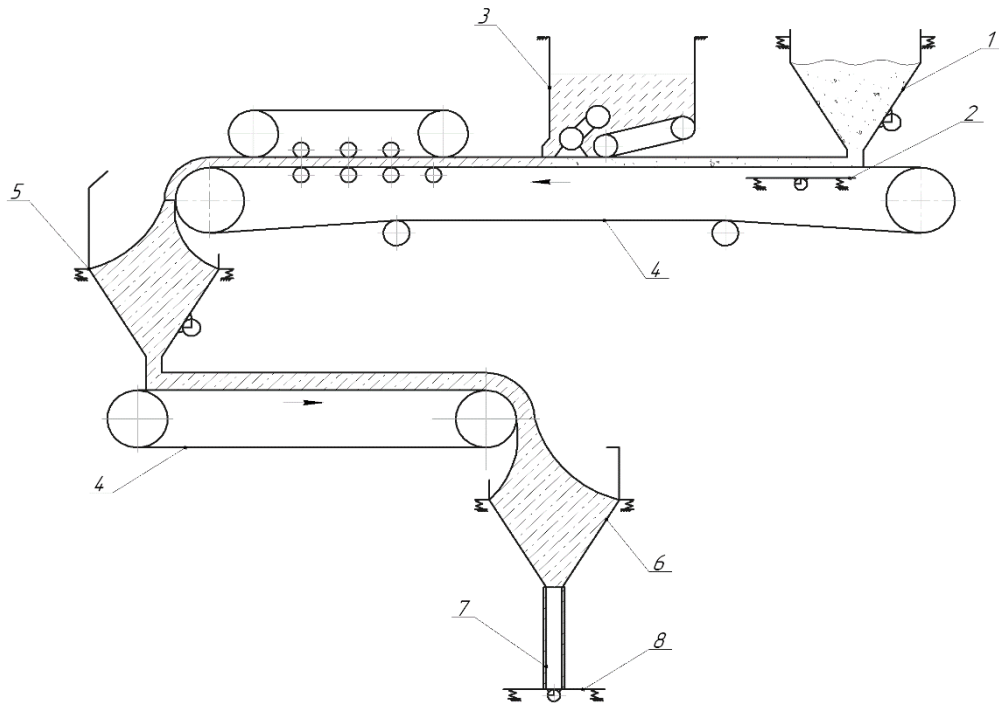
4 ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Обґрунтування технологічної схеми та конструкції апарата

Процес виготовлення виробів проводиться у вібраційному полі. Коливання на перероблювальну масу передаються крізь стінки бункера ВЕ. Головною особливістю вібрації, як однієї з різноманітних форм механічних впливів, являється можливість передачі великого імпульсу енергії системі при малій амплітуді її зміщення за період коливань. Крім цього, тільки вібраційне поле дозволяє створити в висококонцентрованих дисперсних системах об'ємний динамічний стан з будь – яким регулюючим рівнем ізотропного руйнування структури по всьому об'єму системи. Тому, використання зовнішніх механічних вібраційних впливів є найбільш ефективним в технології бетонних сумішей і дозволяє переробляти системи з допустимо високою міцністю первинної коагуляційної структури. Внаслідок зниження в'язкості матеріалу в ВЕ збільшуються швидкість і ущільнення суміші, а також ефективність перемішування. Орієнтація армуючих фібр і їх змішування з розчином здійснюється з плином композиційного матеріалу за рахунок зсувних деформацій, які виникають в каналі бункера ВЕ і залежать від геометрії останнього.

Дослідно-промислова віброекструзійна установка (ВЕУ) призначена для відпрацювання технології формування фібробетонних виробів у промислових умовах і випуску дослідних партій виробів для потреб сільського будівництва[90].

ВЕУ змонтована на самохідному шасі і складається з дозаторів-живильників цементного розчину 1 і грубого мінерального волокна 3, вібростола 2, конвеєра 4, каскаду віброекструдерів (що змішують 5 і формуючого 6), електроустаткування (рисунок 4.1) [90].



- 1 – дозатор-живильник цементного розчину; 2 – вібростіл; 3 – дозатор-живильник грубого мінерального волокна; 4 – конвеєр; 5 – віброекструдер, що змішує; 6 – формуючий віброекструдер; 7 – форма; 8 – вібростіл форми

Рисунок 4.1 – Схема віброекструзійної пересувної установки

Технологічна лінія складається з вузла приготування розчину, віброплощадки, контейнерів для розчину і мінерального волокна, парку металевих форм, вантажопіднімального устаткування і, власне, пересувної ВЕУ. Приготування розчину здійснюється на існуючому розчинобетонному вузлі. Готовий розчин у кубелі доставляється до виробничого корпусу в зону дії баштового крана і подається в бункер ВЕУ [90].

Мінеральне волокно (грубе базальтове) перевантажується з контейнера у відповідний дозатор-живильник ВЕУ. Підготовлена форма 7 баштовим краном встановлюється на шляху руху установки. ВЕУ піднімає форму, транспортує в цех і встановлює на віброплощадку.

Після закінчення циклу формування ВЕУ знімає форму з виробом з

вібромайданчика баштовим краном, форма з виробом подається на тепловолугу обробку в пропарювальну камеру. На установці можна формувати фібробетонні вироби складного профілю [90].

1. За результатами практичних досліджень було вдосконалено технологічну схему віброекструзійної пересувної установки (рисунок 4.1). А саме, були запропоновані нові конструкції формуючих віброекструдерів (Патент 117267 України. МПК (2016.01). В28В13/00. Віброекструдер для змішання і формування фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу. Андреев І. А., Пригорницький Т. М.; заявник вони ж. — № u 201613025; заявл. 20.12.2016, опубл. 26.06.2017, бюл. №12.).

4.2 Методика розрахунку процесу формування

Мета розрахунку: визначення сумарної зсувної деформації фібробетонної суміші в удосконаленій ВЕ установці.

Вихідні дані до розрахунку:

- кут нахилу стінок бункера віброекструдера до вертикалі $\varphi_0, ^\circ$;
- відстань від початку координат до вешини розподільного конуса формуючого віброекструдера L_1 м.
- відстань від початку координат до рівня суміші в каналі бункера віброекструдера L_{21} , м.
- радіуси вхідного і відповідного вихідного отвору R_1, R_2 , м.

Розрахункова схема для обчислення зсувної деформації у формуючому віброекструдері наведена на рисунку 4.2.

Методика розрахунку наступна. Оскільки конструкція запропонованого формуючого віброекструдера розділяє його канал на чотири зони, що відрізняються за конфігурацією, то зсувну деформацію необхідно розрахувати окремо для кожної зони.

З рисунку 4.2 видно, що в зоні I і IV плин фібробетонної суміші

відбувається в конусному каналі. В зоні II плин фібробетонної суміші відбувається в кільцевому каналі, який звужується. В III зоні плин фібробетонної суміші відбувається в кільцевому каналі однакової ширини, який зменшується у діаметрі. Сума зсувних деформацій кожної зони буде сумарною деформацією формуючого віброекструдера.

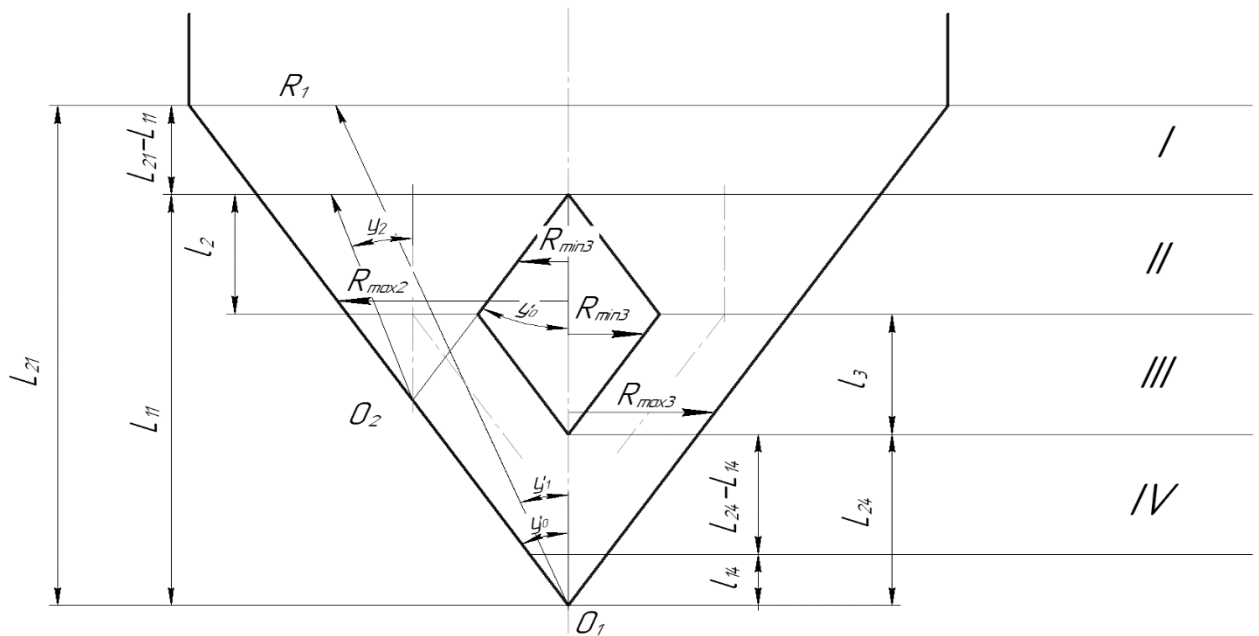


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема для визначення сумарної зсувної деформації в каналі формуючого віброекструдера

4.3 Розрахунок формуючого віброекструдера

Вихідні дані:

- кут нахилу стінок бункера віброекструдера до вертикалі $\varphi_0 = 30^\circ$;
- відстань від початку координат до вершини розподільного конуса формуючого віброекструдера $L_{11} = 0,375$ м;
- відстань від початку координат до рівня суміші в каналі бункера формуючого віброекструдера, $L_{21} = 0,5$ м;

Середні значення деформації зсуву в першому кінчному каналі формуючого віброекструдера:

$$\bar{\gamma}_{\phi_i} = \frac{L_{2i}^2 - L_{1i}^2 \sin \phi_i \cos^3 \phi_i}{L_{1i} L_{2i} \cos^2 \phi_i - \cos^2 \phi_0} = \frac{0,5^2 - 0,375^2 \sin 30^\circ \cos^3 30^\circ}{0,50 \cdot 0,375 \cos^2 30^\circ - \cos^2 30^\circ} = 2,26$$

Середні значення деформації зсуву в другому кільцевому каналі, що зменшується формуючого віброекструдера за результатами розрахунку програми на ЕОМ (див. додаток В):

$$\bar{\gamma}_{c_2} = 2,41$$

$$\bar{\gamma}_c = \bar{\gamma}_{c_1} + \bar{\gamma}_{c_2} = 2,26 + 2,41 = 4,67$$

Середні значення деформації зсуву формуючого віброекструдера в другому кільцевому каналі, що зменшується:

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}_{c_1} &= \frac{2 L_{21} - L_{11}^2 \cdot 1 - \cos 2\phi_0}{L_{11} \cdot L_{21} \cdot \ln \frac{L_{21}}{L_{11}} \cdot \sin 2\phi_0 - 2\phi_0 \cos 2\phi_0} = \\ &= \frac{2 \cdot 0,5 - 0,375^2 \cdot 1 - \cos 60^\circ}{0,375 \cdot 0,5 \cdot \ln \frac{0,5}{0,375} \cdot \sin 60^\circ - 2 \cdot 0,5484 \cdot \cos 60^\circ} = 4,64 \end{aligned}$$

Середні значення деформації зсуву в другому кільцевому каналі, що зменшується формуючого віброекструдера за результатами розрахунку програми на ЕОМ (див. додаток Г):

$$\bar{\gamma}_{c_2} = 5,87$$

Середні значення деформації зсуву в третьому кільцевому каналі формуючого віброекструдера:

$$\begin{aligned} \bar{\gamma}_{c_1} &= \frac{2 L_{21} - L_2 - L_3 - L_4^2 \cdot 1 - \cos 2\phi_0}{L_2 \cdot L_{21} \cdot \ln \frac{L_{21}}{L_2} \cdot \sin 2\phi_0 - 2\phi_0 \cos 2\phi_0} = \\ &= \frac{2 \cdot 0,5 - 0,125 - 0,125 - 1,25^2 \cdot 1 - \cos 60^\circ}{0,125 \cdot 0,5 \cdot \ln \frac{0,5}{0,125} \cdot \sin 60^\circ - 2 \cdot 0,5484 \cdot \cos 60^\circ} = 4,54 \end{aligned}$$

Середні значення деформації зсуву в першому кільцевому каналі

формуючого віброекструдера за результатами розрахунку програми на ЕОМ (див.додаток Г):

$$\overline{\gamma}_{c_2} = 5,22$$

Середні значення деформації зсуву в четвертому конічному каналі формуючого віброекструдера:

$$\overline{\gamma}_{\varphi_i} = \frac{L_{2i}^2 - L_{1i}^2 \sin \varphi_i \cos^3 \varphi_i}{L_{1i} L_{2i} \cos^2 \varphi_i - \cos^2 \varphi_0} = \frac{0,5^2 - 0,375^2 \sin 30^\circ \cos^3 30^\circ}{0,50 \cdot 0,375 \cos^2 30^\circ - \cos^2 30^\circ} = 2,26$$

Середні значення деформації зсуву в четвертому кільцевому каналі, що зменшується формуючого віброекструдера за результатами розрахунку програми на ЕОМ (див.додаток В):

$$\overline{\gamma}_{c_2} = 2,41$$

Сумарна зсувна деформація формуючого і віброекструдера:

$$\overline{\gamma}_c = \overline{\gamma}_{c_1} + \overline{\gamma}_{c_2} + \overline{\gamma}_{c_3} + \overline{\gamma}_{c_4} = 2,26 + 4,64 + 4,54 + 2,26 = 13,7$$

4.3.1 Розрахунок продуктивності запропонованого формуючого віброекструдера

Розраховуємо за формулою:

$$q = \overline{u} \cdot S$$

де \overline{u} – середнє значення швидкості на виході з віброекструдера. За результатами розрахунків програми (див.додаток В) $\overline{u} = 0,0167$ м/с;

S – площа кільцевого перерізу на виході, м².

$$S = \pi \cdot R_o^2 - R_m^2 = 3,14 \cdot 0,375^2 - 0,08^2 = 0,322 \text{ м}^2$$

$$q = 0,0167 \cdot 0,191 = 0,00319 \text{ м}^3/\text{с}$$

4.3.2 Розрахунок потужності вібрації віброекструдера

Мета розрахунку: визначити потужність кругової вібрації дозатора-живильника розчину.

Вихідні дані:

Вібратор загального призначення з круговими коливаннями ІВ-24.

Статичний момент маси дисбалансів $m_0 \cdot r_0 = 0,183$ кг·м;

Діаметр цапфи підшипника $d_{ц} = 0,05$ м;

Кутова частота коливань $\omega_1 = 47$ с⁻¹;

Розрахунок:

Сила, що змушує до коливань:

$$F_0 = m_0 \cdot r_0 \cdot \omega_1^2 = 0,1 \cdot 47^2 = 404 \text{ Н.}$$

Потужність, що витрачається на кругові коливання:

$$N_k = 0,5 \cdot a_p \cdot \omega_1 = 0,5 \cdot 404 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 47 = 9,5 \text{ Вт.}$$

де $a_p = 1 \cdot 10^{-3}$ м – амплітуда переміщення робочого органа.

Потужність, що витрачається на тертя в підшипниках вібробудника:

$$N_{тр} = 0,5 \cdot F_0 \lambda \cdot d_{ц} \cdot \omega_1 = 0,5 \cdot 404 \cdot 0,03 \cdot 0,05 \cdot 47 = 14,25 \text{ Вт,}$$

де $\lambda = 0,03$ - умовний коефіцієнт тертя для підшипників.

Потужність привода з обліком ККД:

$$N_{пр} = \frac{N_k + N_{тр}}{\eta} = \frac{9,5 + 14,25}{0,95} = 25 \text{ Вт,}$$

де $\eta = 0,95$ – ККД передачі.

Висновок: Визначено потужність кругової вібрації живильника-дозатора розчину, яка дорівнює 25 Вт.

4.3.3 Визначення товщини стінки віброекструдера

Мета: визначення товщини стінки віброекструдера.

Вихідні дані:

1. Кутова частота коливань: $\omega_1 = 47 \text{ с}^{-1}$.
2. Амплітуда коливань: $A = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.
3. Об'єм суміші: $V = 0,11 \text{ м}^3$.
4. Густина суміші: $\rho = 2020 \text{ кг/м}^3$.
5. Кут нахилу стінок бункера дозатора-живильника розчину до вертикалі: $\varphi_0 = 30^\circ$.
6. Допустиме напруження матеріалу стінки зі сталі Ст3 $\sigma = 154 \text{ МПа}$.
7. Розрахункова висота стінки бункера: $h = 0,5 \text{ м}$.
8. Розрахункова ширина стінки бункера: $b = 1,2 \text{ м}$.

Розрахунок:

Прискорення:

$$W = \omega_1^2 \cdot A = 47^2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 5,52 \text{ м/с}^2.$$

Маса суміші:

$$m = V \cdot \rho = 0,11 \cdot 2020 = 222,2 \text{ кг}.$$

Сила, що діє на стінку:

$$F = m \cdot W = 222,2 \cdot 5,52 = 1,23 \text{ кН}.$$

Тиск, що діє на стінку:

$$P = \frac{F}{f} \cdot \cos \varphi = \frac{1230}{0,105} \cos 30 = 5,03 \text{ кПа}.$$

Товщина стінки віброекструдера:

$$S_r = K \cdot b \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma \cdot \varphi_0}} = 0,49 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{\frac{5,03 \cdot 10^3}{154 \cdot 10^6 \cdot 1}} = 0,00336 \text{ м},$$

де K – коефіцієнт, що залежить від способу закріплення стінки, вибирається за графіком;

b – розрахункова ширина стінки бункера;

σ – допустиме напруження матеріалу стінки;

φ_0 – коефіцієнт послаблення листа отворами.

Згідно рекомендацій приведених в [71] приймаємо мінімальну товщину стінки 5 мм. Приймаємо $S = 5$ мм.

4.4 Рекомендації щодо впровадження

Запропонована конструкція формуючого віброекструдера відноситься до пристроїв для формування фібробетонних виробів і може бути використана на підприємствах промисловості будівельних матеріалів, зокрема при віброекструзії фібробетону.

Вперше запропонована конструкція віброекструдера для формування виробів, яка забезпечує більшу рівномірність зсувних деформацій. Відрізняється від відомих конструкцій тим, що напрямний елемент виконано у вигляді подвійного конуса, який забезпечує переважно поздовжню орієнтацію фібр у всьому виробі; бункер встановлено на пружні зв'язки, а до стінки бункера закріплений збудник коливань.

Внаслідок цього плин суміші здійснюється суцільним потоком, сумарна деформація зсуву збільшується, остаточна деформація зсуву суміші у перерізі бункера віброекструдера вирівнюється, що доведено розрахунками (див. розділ 4.3). Використання запропонованого ВЕ дозволяє забезпечити рівномірність змішування, а відповідно, і властивостей суміші по всьому її об'ємі, що сприяє одержанню продукції високої якості. Нове конструктивне виконання забезпечує кращу поздовжню орієнтацію фібр у виробах і збільшує їх якість.

Запропонована у розділі 4.3 методика розрахунку апарата може бути використана з навчальною та практичною метою.

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

5.1. Опис ідеї проекту

Початок XXI ст. ознаменувався значними досягненнями в будівельній галузі. Високі темпи будівництва вимагають розробки нових ефективних бетонів. До таких бетонів належить дисперсно-армований високоміцний фібробетон. Дисперсне фіброве армування дозволяє компенсувати головні недоліки бетону, а саме: низьку міцність на розтяг й розтяг при вигині, знизити усадку й повзучість [5].

Фібробетон – це бетон, в якому досить рівномірно розподілені фібри в якості армуючого матеріалу.

Таблиця 5. 1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Нова конструкція віброекструдера для змішування і формування фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу	Виготовлення фібробетонну з кращими експлуатаційними характеристиками	Підвищення продуктивності проведення процесу
		Перемішування неоднорідних сумішей з новим складом компонентів
		Вища якість продукції
	Застосування простішого віброекструзійного обладнання	Підвищення енергоефективності проведення процесу
Зменшення витрат на придбання обладнання та його ремонту		

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (модернізація віброекструдера для змішування і формування фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу). Ми гарантуємо ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації,

креслень застосуванням систем комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновацій, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодження нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженими інноваціями в обладнанні [82].

Віброекструдер для змішування і формування фібро бетонних виробів круглого поперечного перерізу містить бункер у вигляді перевернутого зрізаного конуса, стінки якого своїми нижніми ділянками утворюють роздавальне вікно, збудник коливань і напрямний пристрій, що встановлений всередині бункера з можливістю переміщення його по висоті бункера і фіксації на стінках бункера в заданому положенні. Направний пристрій виконано у вигляді подвійного конуса [88].

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів [80]:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї [80];
- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів–замінників чи товарів–аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку [80];
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 5.2.[80].

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Вартість віброекструдера, грн	60000	80000	69000	100000	–	–	+
Витрата електроенергії, кВт/год	10	9,5	10	1	–	+	–
Продуктивність, кг/год	60	60	50	70	–	+	–
Вихід бракованої продукції, кг/год	1,2	3,4	5,2	2,2	–	–	+
Орієнтація фібр, град	18-30	20-35	25-30	20-30	–	–	+

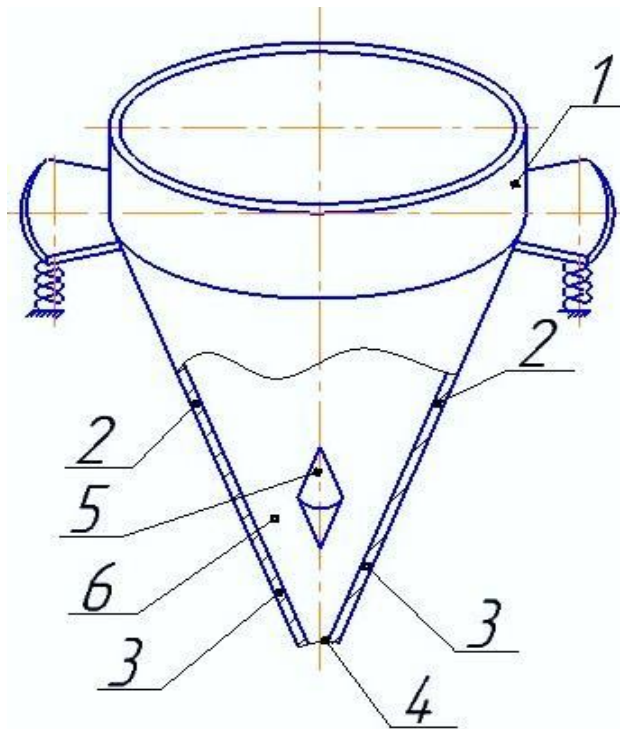
Основною перевагою над конкурентами є: гарантоване отримання більш високих результатів за короткий термін роботи модернізації. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та безпека вироблених виробів. Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі. Також одним з основних напрямків діяльності проекту є: створення кращих робочих умов для працівників та їх безпеки при роботі, а також зниження забруднення навколишнього середовища підприємством [88].

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Фібробетони застосовують в збірних і монолітних конструкціях, що працюють на знакозмінні навантаження.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [80].

Конструкцію змішувального елемента наведено на рисунку. 5.1.



1 – бункер; 2 – стінки; 3 – нижні ділянки конуса;
4 – роздавальне вікно; 5 – направляючий пристрій; 6 – кільцевий канал

Рисунок 5.1 – Конструкція віброекструдера

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту [80].

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Елементи віброекструдера виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь. Даний робочий елемент віброекструдера повинен витримувати значні навантаження та знос. Для цього їх азотують та піддають гартуванню. Отримують із циліндричних сталевих заготовок круглого перетину.

2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно створювати?

Дані технології існують. В розробці/доробці їх немає необхідності [80].

3. Чи доступні такі технології авторам проекту?

Так, дані технології доступні.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інтенсифікація процесу віброекструзії бетонних виробів	Модернізована конструкція віброекструдера для виробництва фібробетону виробів круглого поперечного перерізу	На даний момент відомо багато конструкцій віброекструдерів, однак процес змішування можна зробити ефективнішим	Література для вивчення процесу віброекструзії представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
2	Підвищення енергоефективності	Додаткова модернізована віброекструдева, нова технологічна лінія виробництва фібробетону виробів круглого поперечного перерізу	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено декількома основними виробниками віброекструзійного обладнання
3	Оптимізація та автоматизація процесу виробництва	Модернізована система автоматизації	Наявні, проводиться модернізація	Є доступними для купівлі, впровадження в виробничий процес
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Нова конструкція віброекструдера, яка покращує орієнтацію фібр в суміші.</p>				

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів [80].

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Зростання обсягів виробництва до 2008 року. Ця ситуація на ринку нерудних будівельних матеріалів пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалися обсяги будівництва [81].

Падіння обсягів виробництва бетону і відновлення в 2009-2011 роках. Негативна динаміка спостерігалася через фінансову кризу і припинення будівництва [81].

В Україні працюють наступні виробники бетону: (Будівельна компанія «Гартекс», будівельна компанія широкого профілю Taurian, Товариство з додатковою відповідальністю «Рівенський домобудівний комбінат», Компанія «БЕТОН ЕНЕРГО», компанія, що спеціалізуються на послугах виробництва та доставки будівельних матеріалів «КЕРРОТ», Компанія Промбудцентр, ТзОВ «Бетонбуд». Крім того, є невеликі підприємства–виробники і заводи, які мають виробничі потужності, але через нестачу сировини не функціонують.

В таблиці 5.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	500
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO для продукції, а саме вимоги до токсичності тощо.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	65

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням[80].

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5)[80].

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в фібробетонну, потреба в підвищені якості виробництва	Компанії по виготовленні будівельних матеріалів, фібробетонних профілів тощо.	ДСТУ, ГОСТ, ISO	- до продукції: якісна структура фібробетонну та відповідність всім нормативам, щодо міцності, токсичності; - до компанії-постачальника: якість постачання, швидкість, доступність.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 5.6, 5.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності [80].

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальна ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико–правові, соціально–культурні, економічні, науково–технічні і демографічного середовища [85].

Фактори загроз вносимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність». «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців. Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту
Природні: вплив температури повітря, вологості на структуру фібробетону.	Руйнування інфраструктури. Проведення досліджень на вплив температури і вологості на структуру фібробетону	Протидія стихійним явищам, Розробка більш морозостійких фібро бетонних виробів
Економічні: інфляція, підвищення цін на сировину	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт
Науково-технічні: Зміниться	Невідповідність технологій споживчих та послуг	Постійний пошук та моніторинг актуальних

технологія виготовлення товару	науково-технічному розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Пошук нових клієнтів для виробництва фібробетонну.
Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні застаріла конструкції віброекструзійного обладнання Невідповідність продукції наших споживачів та наших послуг науково-технічному розвитку галузі, створення нових рецептур фібробетонних виробів	Поява нової технології виробництва фібробетонних виробів.	Розробка нового обладнання та конструкцій змішувальних елементів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Розвиток будівельної галузі	Збільшення населення, покращується попит на продукцію	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Економічні: низьке забезпечення сировиною в Україні для переробки з іншими	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт

компонентами композиції		
Природні: вплив температури повітря, вологості на структуру фібробетонну.	Розробка більш морозостійких фібробетонних виробів	Протидія стихійним явищам

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: олігополія	Невелика кількість конкуруючих фірм, при цьому хоча б одна або дві з них, виробляють значну долю продукції даної галузі	Пропозиція унікального продукту на ринку, який дозволить знизити високий бар'єр входу на ринок
2. За рівнем конкурентної боротьби: національний	Забезпечення конкурентоспроможності і на світовому ринку	Пропозиція продукту з урахуванням вимог до наслідків його реалізації місцевих громад
3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Конкуренція за більш вигідні умови виробництва, за розширення ринків збуту своїх товарів, за одержання найбільшого прибутку між конкурентами в одній галузі	Підвищення ефективності всієї галузі, її технічний рівень та конкурентоспроможність, удосконалення структури виробництва відповідно до нових потреб.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Зосередження конкурентоспроможності і на якості товару	Постійний моніторинг ринку щодо появи продуктів(технологій) замінників
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Технічні переваги, впровадження нововведень, найефективніші методи збуту товару	Зосередження конкурентоспроможності на якості товару, наданні додаткових послуг та збільшення асортименту

6. За інтенсивністю: не марочна	Репутація проекту	Створення високого рівня ділової репутації, що сприятиме впізнаваності стартапу
---------------------------------	-------------------	---

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 5.9. [86]

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Підприємства що займаються виробництвом фібробетону: ТзОВ «Бетонбуд», компанія «Промбудцентр», тощо.	Конкурентом може стати підприємство, яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Напрямо добути сировину, (бажано купувати сировину в українських виробників наприклад компанія «БЕТОН ЕНЕРГО» та ін.)	-не конкурентоспроможне обладнання; -високі ціни на товари; -неякісні послуги; -безінноваційне.	Інші матеріали (метал, деревина, кераміка та інші композиційні матеріали)

Висновки:	На даний момент більшість конкурентів не створює новий фібробетон та модернізації обладнання для їх перероби.	- Вхід на ринок можливий, внаслідок того, що промисловість потребує велику кількість конструктивних матеріалів, якими є фібробетон. - нових конкурентів не знайдено.	Час, ціна та якість сировини для переробки і поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідно: Конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якості та інноваційне	На даний момент ботон є найпоширенішими матеріалами тому заміники бетону в більшості галузей промисловості відсутні.
-----------	---	---	--	--	--

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток технології змішування полімерних композицій, шляхом модернізації та створення нового обладнання для їх переробки.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 5.6, 5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності [87].

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість фібробетону для виробництва виробів різного призначення, а саме підвищуючи його тріщиностійкість, деформативність, водонепроникність і морозостійкість

Таблиця 5.10 –Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування(наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Експлуатаційні властивості полімерної композиції, якість змішування та однорідність структури	Якість змішування цементної суміші з фіброволокном формує якість виробів, які будуть виготовлятися, тому клієнти зацікавлені в отриманні якісного товару.
2.	Асортимент	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам.
3.	Сервісне обслуговування	Акцент на подальшій співпраці з існуючим клієнтами.
4.	Ціна	Зменшення вартості надання товарів та послуг шляхом зниження енергозатрат на виробництво полімерних композицій.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	3
1.	Низька ціна	5			□	△	◇		
2.	Якість	10		△	◇			□	
3.	Асортимент	5		△	□		◇		
4.	Рівень концентрації	0		◇		□,△			

* □ – ТзОВ «Бетонбуд»

△ – Компанія «Промбудцентр»

◇ – Компанія «БЕТОН ЕНЕРГО»

Сильні сторони проекту: якість структури фібробетонну; зменшення кількості виходу бракованого неякісного матеріалу; універсальність застосування модернізованого обладнання (швидке переорієнтування на нові види фіброволокон).

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється; недостатня кількість сировинної бази в Україні та необхідність купівлі імпортової полімерної сировини.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 5.10), та вносимо результати до таблиці 5.12. [80].

Таблиця 5.12 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> 1. новизна проекту; 2. актуальність роботи полягає в збільшенні конкурентоспроможності споживачів підприємств будівельної промисловості; 3. низька вартість впровадження проекту. 4. якість структури фібробетонну. 5. зменшення кількості виходу бракованого неякісного матеріалу 6. універсальність застосування модернізованого обладнання (швидке переорієнтування на нові види фіброволокон). 7. залучення до співпраці фахівців в інженерії; 8. модернізація та проектування нового обладнання для переробки полімерних матеріалів. 	<ul style="list-style-type: none"> 1. складність виходу на ринок; 2. низьке забезпечення сировиною в Україні для переробки з іншими компонентами композиції 3. складність знаходження організації, яка виконає модернізацію технологічної лінії виробництва фібробетонну. 4. низька дохідність проекту. 5. Низька конкурентоспроможність на ринку. 6. Не відповідність проекту сучасним тенденціям в галузі. 7. невеликий асортимент продукції, що виготовляється 8. недостатня кількість сировинної бази в Україні та необхідність купівлі імпортової полімерної сировини.
Можливості	Загрози

1. створення нових рецептур фібро бетонних виробів; 2. залучення до співпраці фахівців в інженерії; 3. модернізація та проектування нового обладнання для виробництва фібро бетонних виробів. 4. Поява нової технології виробництва фібробетонних виробів. 5.Зміна населення. 6.Підйом економіки	1. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій». 2. Не відповідність проекту сучасним тенденціям в галузі. 3. Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару. Недостатня підтримка державою нових підприємців. Дорогоартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії. 4. Руйнування інфраструктури. 5. Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару 6. Невідповідність продукції та послуг науково-технічному розвитку 7. Зміна населення.
---	--

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [80].

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Використання фібробетонну для виробництва товарів для будівельної промисловості	Достатньо високий	10 місяців
2.	Виробництво фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу .	На даний момент недостатньо висока, внаслідок малої кількості клієнтів	1,5 року

3.	Виробництво фібробетонних плит	Достатня	1 рік
----	--------------------------------	----------	-------

Після аналізу зазначити обираємо альтернативу виробництво фібробетону для будівельної промисловості.

На даний момент будівельна промисловість отримує найбільшу кількість інвестицій з закордону та України, тому розробка альтернативного проекту в даній галузі є актуальним. В будівельній промисловості необхідна велика кількість матеріалів, для виготовлення несучих конструкцій. Прикладом є фібробетонні плити і колони. Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.14). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [80].

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Будівельні компанії, харчова та хімічна, сільськогосподарська, прила-	Зазнаватиметься готовністю підприємств піти на додаткові витрати пов'язані з	Залежить від рівня та темпу розвитку економіки країни, насамперед	Низька	Високі бар'єри входу на ринок

добудівна промисловості	впровадженням імплементації результатів наукових досліджень в господарській діяльності	від галузей-споживачів, а також рівня характеру конкурентів з боку держави		
Обрано наступні цільові групи: підприємства будівельної, промисловості різних форм власності.				

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо будівельну промисловість і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Використання фібробетонну для виробництва товарів для будівельної промисловості	Концентрований маркетинг	Наслідкування дій лідера, захисні дії	Диференціації
2.	Виробництво фібробетонних плит	Диференційований маркетинг	Захисні дії, наслідкування лідера	Лідерства по витратах

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.16).

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки для виробництва фібробетонних плит

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару	Стратегія конкурентної поведінки*

		конкурентів?	конкурента, і які?	
1.	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Наслідування лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 5.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 5.16). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 5.17 –Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. до продукції: більш якісне орієнтування фібр, структура фібробетонну, склад та однорідність, наявність дефектів, міцність 1.до компанії-постачальника: більш якісне орієнтування фібр постачання, швидкість, доступність	Диференційованого маркетинг	Буде утворено унікальну продукцію	Виробництво асортименту, для кожного клієнта

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 5.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Нові конструктивні матеріали.	Нові експлуатаційні властивості отриманих композицій	більш якісне орієнтування фібр, структура фібробетону, ціна, підтримання потрібних характеристик
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності та підвищення орієнтації фібр в продукті	Інноваційна конструкція віброекструдера
3.	Зниження енергозатрат на виробництво (проведення процесу змішування цементної суміші з фіброволокнами).	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція віброекструдера

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 5.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [1].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки[80];

- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості [80];
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару [80];
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні [80];
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття [80];
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару [80];
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення [80];
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля [80];
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару [80].

Формуємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 5.18.

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Вирішення проблем пов'язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: Зниження затрат на ремонт, зменшення бракованих виробів та зменшення простоїв виробництва. 2. Технічні 3. Економічності: зниження затрат на ремонт, зменшення бракованих виробів та зменшення простоїв виробництва; 4. Ергономічність: доступ до всіх елементів конструкції; 5. Безпека: відповідність нормативам; 6. Екологічність: вміст шкідливих домішок нижче допустимих.	+/+	-/+/+/-/-
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– відсутнє		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : Роз'яснення клієнтові питань з технологією переробки		
	Після продажу: Гарантія якості продукції		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв'язку проблеми.			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагиату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної

власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару [80].

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари-субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 5.20). Аналіз проводиться експертним методом [80, 82].

Таблиця 5.20– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	5000-9000 грн.	6000-10000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	4000-12000 грн/1 консультація, в онлайні безкоштовно.
2.	Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи. 90 грн / година роботи	Розробка нового обладнання 120 грн/1 год	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання: 1000 -4000 грн/1 год (для всього колективу)	200 грн/1год (для всього колективу)

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 5.21)[80]:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту) [80];
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту [80];
- вибір та обґрунтування виду посередників[80].

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля оптом	Якість товару, потрібні характеристики швидкість перевезення до клієнта	Нульового рівня - виробник сам продає товар кінцевому споживачеві, прямі канали розподілу	Через інтернет
2.	В роздріб	Швидкість перевезення на точку збуту	Дворівневий - між виробником і покупцем послідовно існують оптови і роздрібний продавці	Через інтернет та безпосередньо на місці проведення продажу
3.	Консультавання при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги [86].

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.22)[80].

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідях на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас»
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки [80].

5.6. Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як малі, середні підприємства, що займаються переробкою полімерних матеріалів та суміжні підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері;

ВИСНОВКИ

1. Дисертація спрямована на вирішення важливої науково-технічної задачі покращення орієнтування фіброволокон у процесі віброекструзійного виготовлення круглих фібробетонних стовпчиків.

2. Сформульовано фізичну модель процесу віброекструзії при формуванні круглих фібробетонних стовпчиків. Отримано аналітичну формулу для розрахунку орієнтації фібр при плинні фібробетонної суміші у конічному каналі.

3. Запропоновано математичну модель процесу віброекструзії фібробетону в круглому кільцевому каналі, що звужується.

4. Розроблено модель плинну рідини у круглому кільцевому каналі, що звужується, наведено опис експериментального обладнання.

5. Проведено експериментальні дослідження та описано їх результати.

6. Перевірено адекватність розробленої математичної моделі, проаналізовано похибку експериментальних досліджень, яка знаходиться в межах допустимих відхилень і дорівнює 7%.

7. Розроблено нову конструкцію віброекструдера для виготовлення фібробетонних стовпчиків, що є більш ефективною, порівняно з відомими технічними рішеннями і дозволяє отримувати більш якісні вироби, надані рекомендації щодо практичного впровадження результатів роботи.

8. Розроблено методику та алгоритм розрахунку формуючого віброекструдера.

Основний зміст дисертаційної роботи викладено в 7-ми опублікованих роботах, у тому числі 2 статті у наукових фахових виданнях України, 4 публікаціях в матеріалах міжнародних та республіканських конференціях, одному патенті України на корисну модель.

ВЫВОДЫ

1. Диссертация направлена на решение важной научно-технической задачи улучшения ориентирования фиброволокна в процессе виброекструзийного изготовления круглых фибробетонных столбиков.

2. Сформулирована физическая модель процесса виброекструзии при формировании круглых фибробетонных столбиков. Получена аналитическая формула для расчета ориентации фибр при течении фибробетонной смеси в коническом канале.

3. Предложена математическая модель процесса виброекструзии фибробетона в сужающемся круглом кольцевом канале.

4. Разработана модель течения жидкости в сужающемся круглом кольцевом канале.

5. Проведены экспериментальные исследования и описаны их результаты.

6. Проверена адекватность разработанной математической модели, проанализирована погрешность экспериментальных исследований, которая находится в пределах допустимых отклонений и равна 7%.

7. Разработана новая конструкция виброекструдера для формирования фибробетонных столбиков, которая является более эффективной по сравнению с известными техническими решениями и позволяет получать более качественные изделия, даны рекомендации по практическому внедрению результатов работы.

8. Разработана методика и алгоритм расчета формующего виброекструдера.

Основное содержание диссертационной работы изложено в 7-ми опубликованных работах, в том числе 2 статьи в научных профессиональных изданиях Украины, 4 публикациях в материалах международных и республиканских конференциях, одном патенте Украины на полезную модель.

CONCLUSIONS

The thesis is aimed at solving an important scientific and technical problem of improving the orientation of fiber fibers in the process of vibroextrusion manufacturing of round fiber-reinforced concrete columns.

2. The physical model of the process of vibroextrusion is formulated in the formation of round fiber-reinforced concrete columns. An analytical formula is obtained for calculating the orientation of fibers during the flow of a fiber-reinforced concrete mixture in a conical channel.

3. The mathematical model of vibroextrusion of fiber-concrete in the narrowing round circular channel was proposed.

4. The method of experimental researches of liquid flow in the narrowing round circular channel was developed.

5. The model of the fluid flow in the circular annular channel is narrowed, the description of the experimental equipment is given.

6. The adequacy of the developed mathematical model is checked, the error of experimental studies is analyzed, which is within the permissible deviations and is equal to 7%.

7. A new design of a vibro-extruder for the formation of fiber-reinforced concrete columns has been developed, which is more efficient than the known technical solutions and allows to obtain better products, recommendations for practical implementation of the results of work.

8. A method and algorithm of calculation of pilchard vibroextruder were developed.

The main content of the dissertation work is described in 7 published works, including 2 articles in scientific professional editions of Ukraine, 4 publications in materials of international and republican conferences, and one patent of Ukraine on utility model.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Бетон на рубеже третьего тысячелетия: Материалы I Всерос. конф. по проблемам бетона и же-лезобетона. – Москва, 9 – 14 сентября 2001 г. – Т. 1. – М.: Ассоциация «Железобетон», 2001. – С. 91 – 101.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 2002. – 415 с.
3. Комохов П.Г. О бетоне XXI века // Вестник РААСН. – М., 2001. – № 5. – С. 9 – 12.
4. Михайлов В.В., Волков Ю.С. Бетон и железобетонные конструкции. Состояние и перспекти-выприменения в промышленном и гражданском строительстве. – М.: Стройиздат, 1983. – 358 с.
5. Баженов Ю.М. Повышение эффективности и экономичности технологи бетонов // Бетон и железобетон. – 1988. – № 9. – С. 14 – 16.
6. Баженов Ю.М. Бетоны повышенной долговечности // Строительные материалы. – 1999. – № 7 – 8. – С. 21 – 22.
7. Баженов Ю.М. Многокомпонентный мелкозернистый бетон для висотного строительства // Сборник докладов. II Международный симпозиум по строительным материалам КНАУФ для СНГ «Современное висотное строительство. Эффективные технологии и материалы». – М., 2005. – С. 7 – 73.
8. Каприелова С.С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива / С.С. Каприелова, В.Г. Батраков, А.В. Шейнфелд // Бетон и железобетон. – 1999. – № 6. – С. 6–10.
9. Рабинович Ф.Н., Курбатов Л.Г. Применение сталефибробетона в конструкціях инженерных сооружений // Бетон и железобетон. – 1984. – № 12. – С. 22 – 25.
10. Волков И.В. Фибробетонные конструкции // Обз. инф. Серия «Строительные конструкции». Вып. 2. – М.: ВНИИС

Госстроя СССР, 1988. –18 с.

11. Волков И.В. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С. 12–13.

12. Волков И.В. Фибробетон – состояние и перспективы применения в строительных конструкциях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004.– № 5. – С. 5–7.

13. Антропова В.А., Дробышевский В.А. Свойства модифицированного сталефибробетона // Бетон и железобетон. – № 3. – 2002. – С. 3 – 5.

14. Беркович Я.Б. Исследование микроструктуры и прочности цементного камня, армированного коротковолокнистым хризотил-асбестом: авто-реф. дис... канд. техн. наук. – М., 1975. – 20 с.

15. Власов В.К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя // Бетон и железобетон. – 1988. – № 10. – С. 9 – 11.

16. Звездов А.И. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности // Бетон и железобетон.–2001.–№ 4.– С. 17 – 20.

17. Рабинович Ф.Н. Применение фиброармированных бетонов в конструкциях промзданий // Фибробетон и его применение в строительстве: Труды НИИЖБ. – М., 1979. – С. 27 – 38.

18. Рабинович Ф.Н., Черномаз А.П., Курбатов Л.Г. Монолитные днища резервуаров из стале-фибробетона // Бетон и железобетон. – 1981. – № 10. – С. 24 – 25.

19. Рабинович Ф.Н., Романов В.П. О пределе трещиностойкости мелкозернистого бетона, армированного стальными фибрами // Механика композитных материалов. – 1985. – № 2. – С. 277– 283.

20. Дорошенко О.Ю., Дорошенко Ю.М. Дисперсно-армований бетон – надійний та ефективний матеріал для транспортного будівництва //

Транспортное строительство Украины. – 2006. – № 4. – С. 23 – 25.

21. Дорошенко О.Ю., Дорошенко Ю.М. Дисперсно-армований бетон – надійний та ефективний матеріал для транспортного будівництва (продовження) // Транспортное строительство Украины. – 2007. – № 5. – С. 16 – 20.

22. Дорошенко О.Ю., Дорошенко Ю.М. Цементний бетон, армований сталевую дисперсною арматурою // Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Серія «Транспортні системи і технології», 2006. – Випуск 10. – С. 66 – 74.

23. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.

24. Волков Ю.С. Применение сверхпрочных бетонов в строительстве // Бетон и железобетон. – 1994. – №7. – С. 27 – 31.

25. Демьянова В.С., Ильина И.Е., Куликов И.М. Повышение эксплуатационных свойств бетона комплексными добавками / Композиционные строительные материалы. Теория и практика / Международная научно-практическая конференция. – Пенза: ПТУ АС, 2005. – С. 38 – 43.

26. Соломатов В.И. Интенсивная технология бетонов / В.И. Соломатов, М.К. Тахиров, Шах Мд. Тахер. – М. Стройиздат, 1989. – 264 с.

27. Соломатов В., Селяев В.Д., Соколова Ю.А. Химическое сопротивление материалов. – М.: Изд-во МИИТ, 2001. – 283 с.

28. Ушеров-Маршак А.В., Бабаевская Т.В. и др. Методологические аспекты современной технологии бетона // Бетон и железобетон. – 2002. – № 1. – С. 5 – 7.

29. Копацкий А.В., Курбатов Л.Г., Ефремова В.М. Структура бетонной составляющей зон сталефибробетона с повышенным содержанием крупных фибр // Технология изготовления и свойства новых композиционных строительных материалов: Межвуз. темат. сб. науч. тр. – Ленинград: ЛИСИ, 1986. – С. 44 – 49.

30. Курбатов Л.Г., Рабинович Ф.Н. Об эффективности бетонов, армированных стальными фибрами // Бетон и железобетон. – 1980. – № 3. – С. 6–7.
31. Пащенко А.А., Сербии В.П. Армирование цементного камнями минеральным волокном. – К: УкрНИИНТИ, 1970. – 45 с.
32. Василик П.Г., Голубев И.В. Применение волокон в сухих строительных смесях // Строительные материалы. – 2002. – № 2. – С. 26–27.
33. Фибробетон в Японии. Экспресс-информация. «Строительные конструкции». – М.: ВНИИИС Госстроя СССР, 1983. – 26 с.
34. ВСН 56-97 «Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций». – М., 1997.
35. Сталефибробетон и конструкции из него. Серия «Строительные материалы». – Вып. 7. ВНИИТПИ. – М., 1990.
36. Стеклофибробетон и конструкции из него. Серия «Строительные материалы». – Вып. 5. ВНИИТПИ.
37. Хун Д.Л. Свойства бетонов, содержащих микрокремнезём и углеродное волокно, обработанное силанами // Экспресс-информация. – Вып. № 1. – 2001. – С. 33–37.
38. Schmidt M., Fenling E. Ultrahochfester Beton- und Fertigteiltechnik. – 2003. – Н. 1. – Р. 16–19.
39. A. Magumdar. Glass fiber reinforced cement. – London. – 1991.
40. Сычева Л.И., Воловика А.В. Материалы, армированные волокном / Перевод изд.: Fibre reinforced materials. – М.: Стройиздат, 1982. – 180 с.
41. Selvadurai A.P.S. The opening of an elastically bridges penny shaped flaw in a fibre reinforced composite by concentrated surface loads // Wiss. Z., 1982. – № 2. – Р. 187–190.
42. Schmidt M. 50 Jahre Entwicklung bei Zement, Zusatzmitteln und Beton. Schriftenreihe Baustoffe. I M. Schmidt Centrum Baustoffe und Material-Prüfung. – 2003. – Н. 2. – Р. 189–198.
43. B. A. Kyrlov and V. P. Trambovetsky. Investigation of Fibre-

Reinforced Materials in the USSR. II Paper 8.5, RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Cement and Concrete. - London, Ed. A.M. Neville, 1975. - P. 419 - 424.

44. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны / Ф.Н. Рабинович. - М.: Стройиздат, 1989. - 176 с.

45. Основи конструювання і розрахунків хімічної апаратури. Лацинський А. А., Толчинський А. Р., Л., «Машиностроение», 1970 г., 752 стор. Табл.. 476. Іл.. 418. Бібл. 218 назв.

46. [Бест-строй] - Фиброволокно, пропиленовое фиброболокно, производство фиброволокна - http://best-stroy.ru/articles/r2/r2_1/1334

47. Чубук Ю. Ф., Назаренко И. И., Гарнец В. Н. Вібраційні машини для ущільнення бетонних сумішей - Київ: Вища школа, 1985. - 168с.

48. Беккет Р. И. Бетонні суміші зі стальними волокнами// Технологія товарної бетонної суміші. - М.: Строй вид., 1981. - С. 50-50.

49. Хибберт А. П., Гример Ф. Дж Втомленість при згині цементу// Матеріали, армовані волокном. - М.: Строй вид., 1982. - С. 78-87.

50. Дослідження тонкостінних просторових конструкцій з фібробетону/ Волков И. В., Беляев В. А., Курбатов Л. Г., Адамов А. Л. // Бетон і залізобетон. - 1985. - №9. - С. 12-14.

51. Лишанський Б. А., Михайло Н. В. Визначення реологічних властивостей бетонних сумішей при вібраційних впливах // Теорія формування бетону. - М.: НИИЖБ, 1969. - С. 164-171.

52. [Секрет бетона] — Технология изделий из бетона, все о бетоне, технологии производства современного бетона - <http://sekretbetona.com/content.php>

53. Транспортное строительство Украины, «Дисперсно-армований бетон - надійний та ефективний матеріал для транспортного будівництва» - № 4(4) 2006, с. 23-25.

54. [aquamer.su] - <http://aquamer.su/library/articles/20/102/>

55. Хибберт А. П., Гример Ф. Дж Втомленість при згині цементу,

армованого скловолокном// Матеріали, армовані волокном. – М.: Строй вид., 1982. – С. 78-87.

56. Андреев І. А., Осієвський В. А. Дослідження реологічних властивостей жорстких цементних розчинів// Хімічне машинобудування: Респ. меж вед. науч.-техн. Сб. Київ – Техніка, 1983. – Вип.. 38. – С. 72-74.

57. Дослідження тонкостінних просторових конструкцій з фібробетону/ Волков І. В., Беляєв В. А., Курбатов Л. Г., Адамов А. Л. // Бетон і залізобетон. – 1985. - №9. – С. 12-14.

58. Демидович Б.П. Численные методы анализа / Б.П. Демидович, И.А.Марон, Э.З.Шувалова. – М.: Нау-ка, 1967. – 368 с.

59. Беккет Р. И. Бетонні суміші зі сталевими волокнами// Технологія товарної бетонної суміші. – М.: Строй вид., 1981. – С. 50-50.

60. Лишанський Б. А., Михайло Н. В. Визначення реологічних властивостей бетонних сумішей при вібраційних впливах // Теорія формування бетону. – М.: НИИЖБ, 1969. – С. 164-171.

61. Андреев І. А., Осієвський В. А. Дослідження реологічних властивостей жорстких цементних розчинів// Хімічне машинобудування: Респ. меж вед. науч.-техн. Сб. Київ – Техніка, 1983. – Вип.. 38. – С. 72-74.

62. Дослідження тонкостінних просторових конструкцій з фібробетону/ Волков І. В., Беляєв В. А., Курбатов Л. Г., Адамов А. Л. // Бетон і залізобетон. – 1985. - №9. – С. 12-14.

63. Андреев І. А. Вискозиметр для виброэкструдированого фибробетона / І. А. Андреев, П. Н. Магазий // Хим. машиностроение: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1987.– Вып. 45.– С. 95-99.

64. Андреев І. А. Особливості процесу ламінарного конвективного змішування при виброэкструзії фібробетону у кінцічному каналі / І. А. Андреев, В. М. Столінець // Керамика: наука и жизнь. – 2009. – №2 (4). – С. 4-10.

65. Андреев І. А.Орієнтування дисперсної арматури при виброэкструзії фібробетону у круглому кільцевому каналі / І. А. Андреев, Н.

В. Комкіна// Керамика: наука и жизнь. – 2011. – № 3 (13). – С. 43-49.

66. Воронін Л. Г. Фібробетонні труби. Процес віброекструзійного формування / Л.Г. Воронін, І.А. Андреев, Н.В. Комкіна // «Хімічна промисловість України». – 2011. – №6 (107). – С. 38-40.

67. Тадмор З. Теоретические основы переработки полимеров / З.Тадмор, К.Гогос. – М.: Химия, 1984. – 632 с.

68. Андреев И.А. Процесс смешения при виброэкструзии фибробетона / И.А.Андреев, Ю.Е.Лукач, П.Н.Магазий // Хим. машиностроение: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1989.– Вып. 49.– С. 34-37.

69. Андреев І.А. Особливості віброекструзійного змішування фібробетону в несиметричному каналі / І.А.Андреев, Л.О.Безугла // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2009. – №2. – С. 61-65.

70. Андреев І.А. Перемішування фібробетонної суміші в каналі бункера віброекструдера. / І.А.Андреев, Л.О.Безугла // Збірка тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених „Екологія. Людина. Суспільство” (13-18 травня 2008 р., м. Київ, Україна). – К.: 2008. – С. 88-89.

71. Андреев І.А. Процес змішування фібробетонної суміші у плоскому збіжному несиметричному каналі при віброекструзії / І.А.Андреев, Л.О.Безугла // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2008.– Вип.32, – С. 44-47.

72. Андреев І.А. Особливості процесу ламінарного конвективного змішування при віброекструзії фібробетону у конічному каналі / І.А.Андреев., В.М.Столінець // Керамика: наука и жизнь. – 2009. – №2(4). – С.

73. Андреев И.А. Вискозиметр для виброэкструдированного фибробетона / И.А.Андреев, П.Н.Магазий // Хим. машиностроение: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1987.– Вып. 45.– С. 95-99.

74. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости: учебник для государственных университетов / Н.А.Слезкин. – М.: Гос. изд-во

технико-теоретической литературы, 1955. – 519 с.

75. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / В. Микаэли – СПб.: Профессия, 2007. – 472 с.

76. Бернхардт Э. Переработка термопластичных материалов / Э. Бернхардт – М.: Госхимиздат, 1962. – 747 с.

77. Хаппель Дж. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса / Дж. Хаппель, Г. Бренер. – М.: Мир, 1976. – 632 с.

78. Савчук В.П. Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория. Ч1: Учеб. пособие для студентов вузов. — Одесса: ОНПУ, 2002. — 54 с. Ил

79. Андреев І.А. Процес змішання фібробетонної суміші у плоскому збіжному несиметричному каналі при віброекструзії / І.А.Андреев, Л.О.Безугла // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій / Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2008.– Вип.32, – С. 44-47.

80. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні ре-комендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КП», 2016. – 28 с.

81. https://vproizvodstvo.ru/analitika_rynok/analiz_rynka_betona/

82. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КП», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

83. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on 'the Four-Dimensional Thinking' in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3'2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20seminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20seminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

84. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

85. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

86. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу: http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

87. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

88. Патент України на корисну модель № 117267. Віброекструдер для змішування і формування фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу/ авт. винах. Андреев І. А., Пригорницький Т. М. – опубл. у бюл. 26.06.2017, № 12, МПК (2017) В28В 13/00.

89. І.А. Андреев, к.т.н., доцент, Т.М. Пригорницький, магістрант “Підвищення ефективності дисперсного армування при віброекструзії фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу”. Міжнародний журнал «Інтернаука» №18(40), 1 т., . К., 2017 р., с. 58-62.

90. І. А. Андреев, «Процес віброекструзії фібробетону»//Відповідальний редактор Я. М. Корнієнко, д-р техн. наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»– Київ НТУУ «КПІ» : К.:2016. – 194с.

91. «Збірник наукових праць»// Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 24.: ДЕТУТ, 2014.–254 с.