

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«Технологія виготовлення арболіту з
використанням костри льону»**

КРМ.192 БЦмд_21 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Технології будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів» спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти магістр групи
192БЦмд_21
Єфимова Ніна Ігорівна
Керівник: Шульгін В.В.

Полтава 2024 року

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1	7
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	7
1.1 Екологічно чисті матеріали.....	7
1.2 Екологічний будинок.....	8
1.3 Історія розвитку арболіту.....	9
1.4 Виробництво конструкцій і виробів на органічних заповнювачах.....	15
РОЗДІЛ 2	26
МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
РОЗДІЛ 3	27
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	27
3.1 Планування дослідів з використанням математико-статистичних методів.....	27
3.2 Підбір складу арболіту	30
3.3 Формування арболіту.....	31
3.4 Гердніння та теплова ізоляція арболіту.....	31
3.5 Визначення властивостей матеріалів та арболіту	32
РОЗДІЛ 4	34
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЛІДНИХ МАТРИАЛІВ.....	34
4.1 В'язуче.....	34
4.2 Костра льону.....	34
4.4 Рідке скло.....	35
4.5. Дефекат.....	35
4.6 Полівінілацетатна дисперсія.....	36
РОЗДІЛ 5	37
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	37
5.1 Підбір складу арболіту	37
5.1.2 Підбір складу арболіту густиною 450 кг/м ³ і міцністю 0,35 МПа	37
5.2 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на властивості конструкційно-теплоізоляційного арболіту	38
5.2.1 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на вологість арболіту	40
5.2.2 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на середню густина арболіту	43
5.2.3 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на міцність арболіту.....	47
5.2.5 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і В/Ц на середню густина арболіту	54
5.2.6 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на міцність арболіту.....	58
5.3 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на властивості теплоізоляційного арболіту.....	62
5.3.1 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на середню густина арболіту	63

5.3.2 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на міцність арболіту.....	64
5.4 Дослідження впливу затрати наповнювача - Дефекату і величини Б/Т на міцність і середню густина арболіту. Термін твердіння 7 діб.....	68
РОЗДІЛ 6.....	76
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	76
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	76
6.2 Заходи охорони праці.....	76
6.3 Вимоги до робочого середовища.....	77
6.4 Рекомендації щодо пожежної безпеки.....	77
6.5 Контроль і моніторинг.....	77
РОЗДІЛ 7.....	78
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

Вступ

Виробництво і використання легких бетонів, які вміщують в якості заповнювача відходи лісорозробки, деревообробки і сільського господарства, яким є арболіт, мають важливе значення для зниження собівартості будівництва, розширення сировинної бази виробництва будівельних матеріалів. Зміщення при цьому задач окремих навколишнього середовища та економії паливно-енергетичних ресурсів.

Використання органічних заповнювачів у бетоні не нове і такі матеріали давно відомі в будівництві, так у Швейцарії ці бетони мають назву "Дюризол", "Велок" - Австрія, "Чентри - боад" - Японія, "Дюрипанель" - ФРН і "Вундстоун" - США.

Ефективність використання арболіту і практично необмежені сировинні ресурси дають право розглядати розвиток виробництва арболіту, як один із важливих напрямів освоєння прогресивних будівельних матеріалів.

Вітчизняний та закордонний досвід використання арболіту в огорожуючих конструкціях довів, що він за всіма будівельними, експлуатаційними та економічними показниками перевищує аналогічні конструкції із легких бетонів та мінеральних пористих заповнювачах, в тому числі із керамзитобетону.

Арболітова суміш у силу властивостей заповнювача - легкого пружного матеріалу з розвинутою шорсткою поверхнею, не піддається загальним закономірностям ущільнення, характерним бетонним сумішам з неорганічним заповнювачем. Використання вібрації малоефективно, так як приводить до розшарування суміші, а пресування приводить після зняття навантаження до розпресування виробу. Тому ущільнення арболітової суміші є відповідальною технологічною операцією і в багатьох випадках визначаючою якісні показники готового виробу.

На даний час для вирішення проблеми формування арболітових виробів існують два підходи, один із яких передбачає використання пластифікуючих добавок, в поєднанні з помірним вібраційним впливом, а інший передбачає використання вібраційних установок ударного типу.

Проведений аналіз літератури показав, що у виробництві арболіту використовується найрізноманітніша сировина аж до кори дерева. Але використання костри льону нами не знайдено. Пояснення цьому певні є. Уволя як органічний заповнювач має специфічні властивості: гладка поверхня, довгі голки, наявність агресивних органічних речовин по відношенню до цементного каменю. Але сучасні технології виробництва дозволяють вирішити навіть труднощі. Так для покращення зчеплення заповнювача з цементним каменем можна застосовувати широкую гаму полімерів. Але найдешевшим і ефективним можна вважати ПВА. Нейтралізацію органічних екстрактивних речовин можна провести з використанням відходів виробництва - дефікату або бішофіту.

Таким чином виникають завдання у дослідженні властивостей арболіту з заповнювачем із костри льону. А використання даного заповнювача надасть виробам і конструкціям із арболіту певних властивостей, в приміщеннях буде створюватися специфічний санітарно-гігієнічний клімат. Такі конструкції не горять і не пошкоджуються комахами та гризунами.

1.1 Екологічно чисті матеріали

У цей час перед вітчизняним виробництвом стінових виробів стоять завдання по відновленню й збільшенню обсягів виробництва, підвищенню якості й конкурентоспроможності, що випускається продукції, зниженню токсичності й матеріалоемності будівельного виробництва, організації ефективної переробки відходів, що утворюються. Розв'язок цих завдань ґрунтується на розробці нових і вдосконалюванні наявних технологій сучасного виробництва композиційних матеріалів на основі органічних заповнювачів [1].

Основний шлях підвищення ефективності виробництва композиційних матеріалів – розробка ресурсозберігаючих технологій, що передбачають використання всіх можливих відходів деревної обробки переробних виробництв сільськогосподарства. Відходи переробки сільськогосподарських культур (льону, конопель, зернових культур і т.п.) можуть бути дешевою сировиною для виробництва конструкційно-теплоізоляційних стінових виробів високої якості.

В останні роки намітилося зростання виробництва й переробки льону, що пов'язано з високими екологічними й експлуатаційними якостями в Україні, так і в усьому світі [2].

Льон є ефективним для переробки матеріалом різного призначення, що обумовлене особливостями її фізико-хімічної будови й дешевиною.

Льон при виділенні волокна в процесах м'ягтя й тріпання руйнується, і, що відпадають одрев'янілі частини утворюють багаття. Розміри цих часток коливаються від 1 до 10 мм по довжині, найчастіше зустрічаються частки довжиною порядку 5 мм. Товщина коливається в межах 0,3...1,5 мм. Середня щільність багаття льону $\rho_n = 110-120 \text{ кг/м}^3$. Це хімічному складу сходне з деревною.

У лляній кострі втримується до 45-58% целюлози, лігніну 21-29%, пентозанов 23-26%. Загосування багаття льону у виробництві стінових

виробів з мінеральними речовинами, а також
виправдане тільки в тому випадку, якщо «структура» на
процес структуроутворення матеріалу. Тому при проектуванні склалу
арболіту для будівництва, слід врахувати всі ці фактори, а також
хімічних домішок.

1.2 Екологія

Якщо ви давно замислюєтеся про будівництво, то, напевно, ви вже чули про будівництво з бетонних блоків, краще звичної нам цегли.

По-перше, будівництво з костьобетона добре тим, що матеріал легко
підняти під час будівництва, а також він не вимагає спеціальних
потрібні вам розміри.

По-друге, будівництво з костьобетона може забити цвяхи, а також
з успіхом використовувати для будівництва, а також
тримається на місці, а також не вимагає спеціальних
лишньої форми, чого не може цегла, яка при цьому легко розтріскується.

По-третє, будівництво з костьобетона не вимагає спеціальних
ща. Крім того, будівництво з костьобетона не вимагає спеціальних
рази перевищує ті, що мають традиційні будівлі.

По-четверте, будівництво з костьобетона не вимагає спеціальних
вам не буде потрібно так багато засобів, як для аналогічного, виконаного зі звичної нам

3. Матеріал має особливі властивості, які визначають його біологічну активність. Саме тому проживання в такому будинку дозволить вам не тільки оздоровитися, але й назажди забути про існування всіляких паразитів типу грибків або дрібних комах.

4. Не можна не відзначити й високу теплоізоляційність костри льону. Як відомо, льон здатний підтримувати досить високий рівень температури, а тому у вашому будинку тепло буде зберігатися досить довго, навіть, якщо теплові впливи будуть коливатися [4].

Використання в якості в'язуючого каустичного магнезиту для виготовлення костри бетону (арболіту) підвищує екологічні властивості та його міцність на 80% [5].

1.3 Історія розвитку арболіту

Виробництво арболіту було розпочато на початку 30-х років у Швейцарії і отримало широке розповсюдження за кордоном у Чехословаччині, Австрії, Японії, ФРН, США і інших державах [1, 2, 3, 9].

Ці види легкого бетону, в залежності від призначення і необхідної міцності, відрізняються за видами заповнювача (деревна стружка, станочна і фрезерна стружка), за використовуваними хімічними добавками, і випускається за різними технологіями і способами ущільнення. Накопичений досвід вітчизняний і закордонний показав, що арболіт за основними показниками (будівельні, експлуатаційні і економічні) придатний для малоповерхового домобудівництва і має ряд переваг в порівнянні з традиційними будівельними матеріалами (таблиця 1.1) [1, 2, 9].

Таблиця 1 Техніко-економічні показники виготовлення 1 м² зовнішньої стіни із різних матеріалів

При виробництві і використанні арболіту вирішується не тільки задача зменшення маси будівлі, зниження капітальних затрат на 1 м² стінового матеріалу в порівнянні з іншими легкими бетонами на перистих заповнювачах, а й вирішується проблема захисту навколишнього середовища від забруднення відходами виробництва.

Прискорення вирішення таких важливих задач у вітчизняній практиці, як покращення якості, забезпечення стабільних фізико-механічних властивостей арболіту, підвищення довговічності будівель і споруд дозволить розширити використання арболітових конструкцій і виробів у будівництві.

Одним із основних факторів вирішення перерахованих вище задач є вибір способу виробництва і створення більш сучасних технологій виробництва арболіту [10] (таблиця 1.2).

Ущільнення арболіту

Ущільнення ручними або електромеханічними трамбовками найбільш простий спосіб ущільнення арболітової суміші, який використовується в цехах невеликої продуктивності і при будівництві будівель із монолітного арболіту. Даний спосіб створює більш щільну структуру арболіту за рахунок інтенсивного скорочення порот в суміші, досягається скорочення гнучкої деформації і розпресування органічного заповнювача, а також дозволяє ущільнити арболітову суміш шарами підвищеної товщини.

Але даний спосіб характеризується значною трудомісткістю, неадекватними умовами праці і не може широко використовуватися [1, 2, 3, 4, 9].

Для механізації процесу виробництва виробів із арболіту був розроблений спосіб вертикального пресування у рамках піддонах [1, 3, 9].

Цей спосіб суміщує ручне трамбування і пресування. Трамбування арболітової суміші ручними трамбовками проводять у металевій рамі-піддоні прямокутної форми, в якій виріб залишається після процесу ущільнення. Рамку-піддон закладають у касету у допресовують до потрібної товщини. Даний спосіб хоча має ряд переваг: невелика питома витрата металу, невеликі виробничі площі для формовочного поста і нескладність вермиючого обладнання, не забезпечують однорідної густини по висоті виробу, не дозволяє одночасно з формуванням виконувати офактурування виробів захисними шарами. Крім цього, даний спосіб потребує пресове обладнання із зусиллям пресування 3500 кН [1, 2, 11].

Слідуючим етапом в ущільненні арболітових сумішей є спосіб силового вібрапрокату в горизонтальних металевих формах [1, 10]. Цей спосіб дозволяє випускати вироби високої якості, але він має підвищену металоємкість обладнання (маса 15 т) і обмежену ширину виробів.

Формування виробів в горизонтальних формах з фіксованою кришкою із ущільненням суміші пресуванням [1, 4, 10]. При даному способі проходить двухстадійне ущільнення арболітової суміші. На поверхню формуючої арболітової суміші перед пресуванням вкладають кришку, проводять ущільнення вібрацією. Кришку після закінчення пресування фіксується на бортах форми, тим самим зберігають зпресовану арболітову суміш від розпресовки. Даний спосіб ущільнення арболітової суміші забезпечує прєктні розміри виробів і високі марки арболіту. Але висока металоємкість форм і обладнання, необхідність наявності великих виробничих площ для зберігання форм, цей спосіб не найдов широкого використання.

Для забезпечення негайної розпалубки виробів після формування розроблений спосіб ущільнення суміші із змінними піддонами і циклічним режимом пресування, який дозволяє знизити явище розпресовки і здійснити негайну розпалубку виробів після пресування. Даний спосіб дозволяє ефективно формувати тепло- і звукоізоляційні вироби із арболіту товщиною не більше 12 см. До недоліків даного способу можна віднести і те, що він не дозволяє одночасно ущільнювати зовнішні і внутрішні захисні шари [3, 9, 15].

Пошарова укладка і ущільнення арболітової суміші. Обладнання складається з рухомої сталубки, вкатуемого диска, нерухомого підйому, гідроприводу. Процес достатньо механізований і дозволяє отримувати вироби заданої товщини. Особливим укладається фактурний шар. Недоліки даного способу: трудність з переходом на іншу номенклатуру виробів та тривале формування одного виробу [9, 11].

Спосіб ущільнення вібруванням з привантаженням дозволяє формувати вироби з фактуренням з двох сторін та негайною розпалубкою. Для ущільнення використовують віброплощадку СМЖ - 200А [11, 10, 15]. Даний спосіб економічний, має невелику металоємкість і не потребує великих виробничих площ.

На протязі ряду років дослідженнями НДІББ була обгрунтована можливість створення легкорухомих арболітових сумішей шляхом введення до них технічної піни, яка покращує технологічні властивості (легкоукладність) [5, 17].

В Полтавському будівельному інституті на протязі багатьох років проводились роботи з розробки складів арболіту та способів ущільнення. Дослідженнями Марченко К.І і Шаховим О.М. були розроблені і запатентовані складні бетону та віброударний спосіб ущільнення арболітової суміші [15]. Запропонована добавка дефікату в якості мінералізатора органічного застосування, не тільки збільшує собівартість продукції, але і підвищує механічні властивості бетону. Використання віброударного способу ущільнення арболітової суміші з привантаженням дозволяє отримувати вироби і конструкції з заданими властивостями, при цьому забезпечуються санітарно-гігієнічні умови праці.

Дослідженнями Г.А.Бужевіча, Т.А.Євсєєва, М.И.Клименко, І.П.Мещеряковою, І.Х.Наназашвілі, Р.М.Сироткіною, А.С.Ісєрбаковим і іншими визначений вплив екстрактивних речовин деревини і інших факторів на міцність арболіту [1, 13]. Визначені способи зниження впливу екстрактивних речовин на процес тужавіння і тверднення. Такими загальнопринятими методами є з'тримування деревини до використання її у виробництві арболіту і використання різних хімічних дозавок [10, 13].

В дослідженнях Р.Г.Чепелева, В.А.Сотолова, В.И.Кучерявого, В.І.Короткова [15] розроблені критерії оцінки оптимальної структури арболіту. Встановлено, що структура арболіту покращується із зменшенням водоцементного відношення. Також розглянені [4, 10] різні способи формування виробів конгломератної будови з метою знаходження шляхів оптимізації процесу ущільнення. Аналіз проведений авторами показує, що вібрація приводить до розшарування суміші. Якість ущільнення на ударній резонансно-асиметричній віброплощаді ВРА-15 із амплітудою 2-4 мм, частоті 15-20 Гц і на шок столі амплітуда 3 мм, частота 3-5 Гц покращується із збільшенням гравітаційного привантажувача і, що в цілому ударний спосіб формування є перспективним методом ущільнення арболітової суміші, але потребує подальшого вивчення для визначення оптимальних параметрів.

С.В.Апльотов [1, 10] вважає, що всі існуючі способи формування є комбінаціями трьох видів силового впливу на суміш: стискуючого зусилля; зусилля, яке направлене на перерободіл і часткове ущільнення частинок арболітової суміші при дії вібрації; а також зусилля виникаючого при ударних впливах. І.Х.Наназашвілі [9] розглянув структурно-механічні процеси, які протікають при трьох способах ущільнення: пресування із фіксованою кришкою, циклічним пресуванням і вібраційним пресуванням з привантаженням. У роботі зроблений висновок, що оптимізація процесу ущільнення арболітової суміші є ще невирішеною задачею і потребує подальших досліджень.

І.М.Якушіна [14] провела дослідження ударних режимів ущільнення арболіту за допомогою математичного моделювання. За отриманою нею моделлю найбільший вплив на міцність арболіту вказує енергія і частота ударного впливу, а час ущільнення арболітової суміші суттєвого впливу на міцність арболіту не чинить. Автор вважає, що для підвищення міцності арболіту необхідно використовувати ударно-пресовий режим формування.

В.С.Почуфаров [12] визначив, що наявність зони оптимальних складів зумовлено наявністю водоцементного відношення для конкретної ступені ущільнення арболітової суміші.

А.С.Щербаков і В.І.Бучацький [6] вважають, що склад арболітової суміші чинить рішучий вплив на більшість властивостей арболіту. Модуль пружності зростає із збільшенням марки арболіту.

Дослідженнями, які проведені у НДІЗЕ В.І.Савіним, Н.І.Абраменковим, Г.А.Бужевичем, І.Є.Путляєвим [4] показали, щоб підвищити ефективність виробництва, спростити технологію виготовлення арболітових виробів можливо ціленаправленою зміною властивостей арболітової суміші і структури арболіту шляхом привації суміші технічною піною разом із хімічними добавками-прискорювачами тверднення. Суттєві в даному випадку уцільнюють вібрацією без приваження. Даний спосіб перспективний, але потребує подальших досліджень [4].

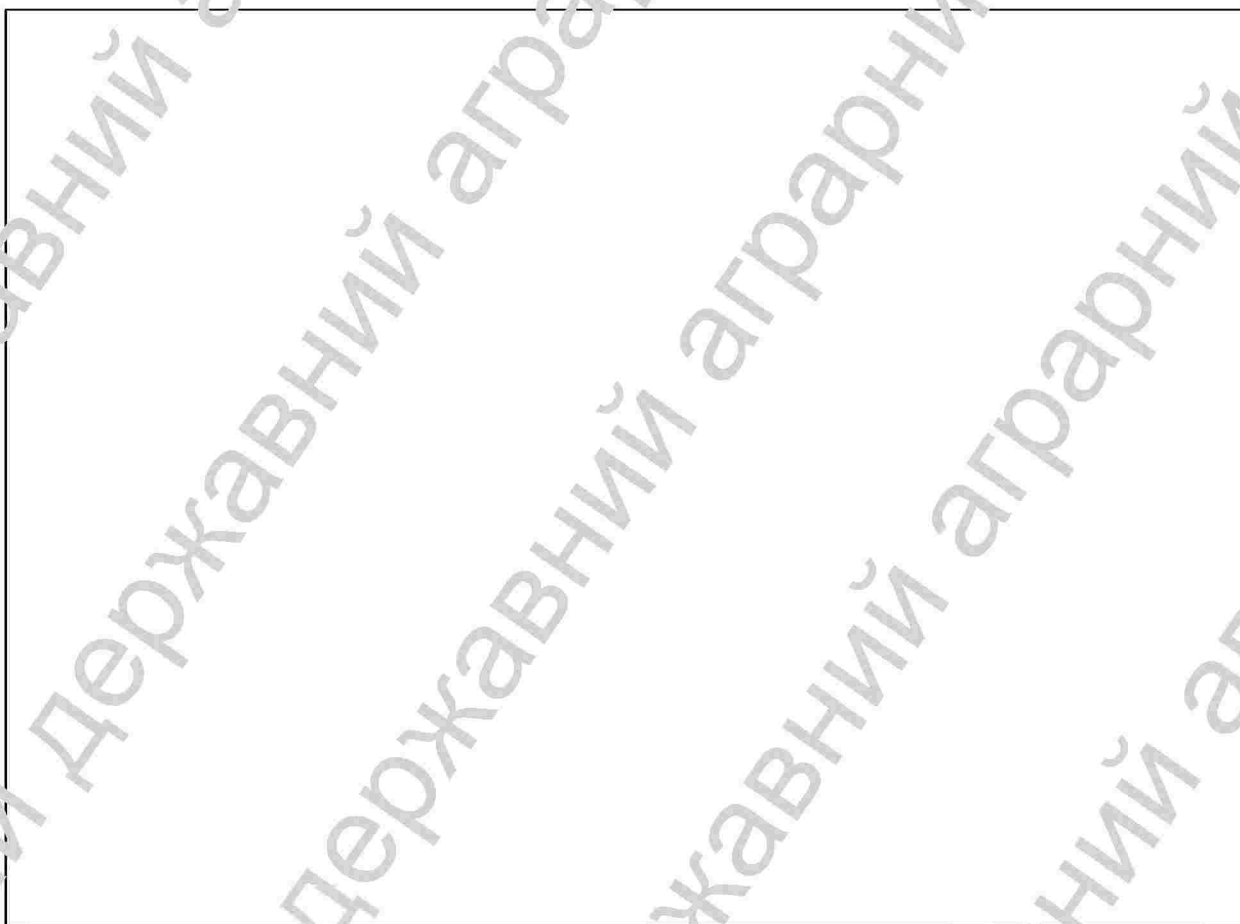
В зв'язку з використанням в якості заповнювача костри льону, а зона має гладку поверхню виникають проблеми зчеплення з нею цементного каменю. Одним з напрямків вирішення даної проблеми є модифікація цих систем полімерами. Для цього використовують модифікацію звичайного цементного розчину такими полімерними добавками, як латекси, порошкоподібні емульсії водорозчинні полімери, рідкі смоли і мономери. Розчин і бетон, модифікований полімером мають, монолітну структуру, в якій органічна полімерна матриця і матриця цементного гелю гомонізуються. Властивості розчину і бетону, модифікованого полімером, визначаються такою сумісною матрицею. В системах модифікованих латексом, порошкоподібними емульсіями і водорозчинними полімерами, дренаж води із цих систем при гідратації цементу призводить до утворення плівки або мембрани. В системах модифікованих рідкими смолами і мономерами добавка води стимулює гідратацію цементу і полімеризацію рідких смол або мономерів.

Перший патент на використання полімерцементу був виданий Крессону в 1923 році [28]. Він стосується матеріалу для покриття з природними каучуковими латексами, при цьому запатентований цемент був використаний в якості основи. Перший патент такої системи, модифікованої полімерним латексом, був опублікований Лефєбром в 1924 році. На наш погляд він перший дослідник, який

хотів створити розчини і бетони модифіковані латексом, використовуючи природні каучукові латекси, шляхом підбору складу при змішуванні. Цей патент важливий з історичної точки зору. Подібна ідея була запатентована Кіндріком в 1925 році. Але в подальшому розвиток даного напрямку розвивався більш інтенсивно. Для практичного використання були розроблені бетони і розчини модифіковані полівінілацетатом або латексом [29, 30].

Арболітові блоки

Блоки можуть бути виготовлені з різними показниками густини.



1. Підвищена здатність до поглинання звуку.
2. Високий рівень опору чиниться диску (так утворився вигин може самостійно зникнути, але тільки за умови нестривалого впливу сили).
3. Абсолютна протистояння вогню. Не володіє властивістю горіння або тління.
4. Фізичний рівень витоку тепла.

5. Довговічність. З часом не починає гнити (хоч і складі і є деревина), не кришиться і не обсипається (незважаючи на присутність в ньому бетонної суміші).
6. Легкий маса в порів'язнні з класичними матеріалами для будівництва (цегла і бетонні блоки).
7. Не є перешкодою для природної циркуляції повітря. Крім його пори він проходить без пріци.
8. Високий рівень адгезії. Вступає в міцний контакт з нанесеними на нього речовинами (штукатурки, шпаклівки, фарби та інше).

1.4 Виробництво конструкцій і виробів на органічних заповнювачах

На підприємствах виробничої бази будівництва у теперішній час широко застосовуються вторинні сировинні ресурси, які утворюються внаслідок промислового виробництва (техногенні продукти) і побутової діяльності людини (антропогенні продукти). Так наприклад з надр землі гірської маси 70% залишається в відвалах, 30% вводиться в господарський обіг і лише 7% усього видобутку витрачається на виробництво готової продукції. Значна частина вторинних ресурсів відноситься до побічних або супутніх продуктів виробничих процесів, які певною мірою мають сталі склад і властивості. Відходи виробництва являють собою частину вторинних ресурсів, яка характеризується складним складом і властивостями, через що їх застосування значно ускладнюється. Екологічна роль будівництва особливо велика, оскільки в цій галузі можна переробляти значні кількості вторинних сировинних ресурсів. Найбільш багатотоннажні такі ресурси утворюються в гірничодобувних галузях промисловості, горній і кольоровій металургії, вугледобувачі та вуглезбагаченні, тепловій енергетиці; хімічній промисловості; лісовій, деревообробної та целюлозно-паперової промисловості; сільському господарстві та легкій промисловості. З використанням вторинних органічних ресурсів на підприємствах виробничої бази будівництва виготовляють деревостружкові (ДСП), деревоволокнисті (ДВП), цементностружкові (ЦСП) плити, вироби і конструкції з арболіту і багато інших.

Арболіт являє собою різновид легкого бетону, який виготовляють із суміші органічних заповнювачів, портландцементу, хімічних добавок і води. Він відносно міцний, вогнестійкий, має невелику щільність і теплопровідність, легко обломлюється. Арболіт призначається для будівництва маловерхових сільських, промислових, житлових будівель. З нього виготовлюють стінові панелі і блоки: плити підригтів і перекриттів які підсилені залізобетоном; тепло- і звукоізоляційні плити тощо. Одношарові стінові панелі з арболіту довжиною до 6 м для сільськогосподарських будівель мають ряд техніко-економічних переваг у порівнянні з двошаровими керамзитобетонними: маса зменшена більш ніж у 2 рази; витрати арматурної сталі - у 4 рази; трудоемкість виготовлення і монтажу зменшені на 20...25%. Виробництво виробів і конструкцій з арболіту здійснюється на підприємствах з продуктивністю 12...24 тис. в рік. Конструкції і вироби з арболіту в залежності від середньої щільності поділяються по призначенню на теплоізоляційні (щільність 400...450 кг/м³). Вироби конструкційні (щільність 500...850 кг/м³ здійснює в залежності від міцності на стиск поділяють на класи: В 0.35; В 0.75; В 1 – теплоізоляційний: В 1.5, В 2; В 2.5; В 3.5 – конструкційний. Арматура в конструкціях з арболіту, яка стикається з атмосферою вологою повинна мати опоряджувальний шар з бетону або розчину з класом по міцності при стиску не нижче В 25. Теплопровідність арболіту, висушеного до сталої маси залежить від його щільності і виду заповнювача і змінюється у межах від 0 з атмосферною вологістю від 400 до 850 кг/м³ відповідно).

Технологічна деревинна сировина і оставляється на підприємство як окремо по породам, так і у змішаному вигляді. При виготовленні конструкцій і виробів з арболіту застосовують такі види деревини: сосну, ялину, березу, тополь. Діаметр колод повинен бути у межах 5...15 см. Заготовки діаметром більше 15 см розкльовують на станках КЦ-7, КГ-8, КГ-8а на частини з найбільшим розміром по товщині 15 см. У технологічній сировині дозволяється у визначених межах наявність вад. Куски деревини перероблюють на машинах МНРП-10, МНРП-30, МРГ-40 і у такому вигляді її доцільно витримувати не менше при додатній температурі.

Після чого деревину підрівнюють на молоткових дресбках ДМ-1М, ДМ-7, ДМ-8 або обробляють на стругалних станках ДС-3, ДС-5. Для виготовлення виробів і конструкцій з арболіту застосовують органічні заповнювачі визначеного фракційного складу. Так повний залишок при дрослюванні заповнювачів на ситі з розміром отворів 10 мм повинен бути не меншим 5% по масі; ситі з розміром отворів 10 мм – 20...40%; і відповідно ситі 2.5 мм – 40...75 і 0.6...100%. Середнє значення коефіцієнта форми частинок (співвідношення найбільшого розміру частинок заповнювача до найменшого) не повинно бути більше ніж 8. Для зберігання тріски найбільш доцільно застосовувати вертєвальні бункери круглого перерізу: ДБО-300, ДБО-150, ДБО-60 ємкість відповідно 300, 150, 60 м³.

Технологічний процес виготовлення виробів і конструкцій з арболіту включає такі операції: подрібнення і підготовки заповнювачів по фракційному складу, обробку заповнювачів, приготування хімічних добавок, дозування компонентів арболіту, приготування карболової суміші, укладання її в форми і ущільнення, теплову обробку виробів, їх витримку при додатній температурі, транспортування виробів на склад. Сортування заповнювачів по фракційному складу здійснюють у сортувальних установках СЩ-1 і СЩ-60. Нестабільна вологість обумовила необхідність замочування заповнювачів у воді (холодній або гарній) або у розчині хімічних добавок перед подаванням їх у змішувач. Це сприяє підвищенню точності дозування води, а також частковій нейтралізації хімічно активних заповнювачів. Спосіб сумісного введення води і хімічних добавок (хлориду кальція, рідкого скла та інших) безпосередньо в змішувач через дозатори дозволяє точно дозувати воду і хімічні добавки, рівномірно їх розподіляти у бетонній суміші, що забезпечує покращення фізико-механічних властивостей арболіту.

При виробництві виробів і конструкцій з арболіту об'ємні дозатори використовують для дозування органічного заповнювача і хімічних добавок. Об'ємні дозатори періодичної дії являють собою ємкості, які обладнані спеціальними пристроями для полегшення завантаження і вивантаження матеріалів, а також для регулювання розміру порції. Деревний заповнювач також

можна дозувати об'ємно-вісовими дозаторами 2ДБЧК-300 і 2ДБПК-1600, які застосовуються при дозуванні пористих заповнювачів. Для дозування деревного заповнювача можуть також бути прилаштовані автоматичні дозатори АВДІ-425 і АВДИ-1200М. Ці дозатори використовують також і для дозування мінеральних заповнювачів – піску і щебеню для опораджувальних шарів. Цемент дозують такими ж дозаторами. Розчини хімічних добавок дозують автоматичними дозаторами для води і рідких добавок з електронною системою управління, насосами-дозаторами НД, СБ-32. Для дозування розчинів добавок і води на підприємствах великої продуктивності – 10 тис. конструкцій з арболіту в рік і більше – застосовують автоматичні дозатори ДЖ-100, ДЖ-200.

Роторний бетонозмішувач СБ-35 відноситься до бетонозмішувачів пружинного типу з циклічною дією. Чаша має футероване днище і бокові стінки, які складаються з внутрішніх і зовнішніх циліндрів. Кришка кожуха має внутрішній і зовнішній циліндр. Ротор, який укріплений на вертикальному валу, обертається двигуном за допомогою редуктора. Порцію суміші в чаші ротору, перемішують і вивантажують. Ємкість чаші бетонозмішувача СБ-35 1200 л, частота обертання ротора 0,55 с, потужність електродвигуна 10 кВт.

Для дозування арболітової суміші використовують також бетонозмішувач СБ-62 (С-951) планетарно-роторного типу. Ємкість барабана бетонозмішувача складає 1200 л, частота обертання змішувача 50 хв., потужність електродвигуна 30 кВт. Бетонозмішувач СБ-52 складається з нерухомої циліндричної, герметично закриваємої чаші кришки, приводу чаші планетарними зубчастими колесами, затвора з пневмоприводом. Змішувальний механізм цього бетонозмішувача являє собою два вали з лопатами. Вали одночасно обертаються навколо центральної осі і навколо своєї осі. На кожному валу є чотири змішувачі лопатки. На одному валу до траверси прикріплені одна лопата, а також внутрішній циліндр. На другому валу – зовнішній циліндр. Арболітову суміш після змішування вивантажують з чаші бетонозмішувача при завантаженні компонентів здійснюється крізь

люк у крищі. Бетонозмішувач СБ-138, з об'ємом готового замісу 1000 л, відноситься до стаціонарних і призначається для приготування жорстких і рухомих сумішей і будівельних розчинів. Суміш можна приготувляти у змішувачі С-209 з частотою обертання 0,33 с, ємкістю 1700 л, продуктивністю 22 м/год, потужністю електродвигуна 20 кВт.

Вітросилове прискаткування більш досконале в порівнянні з пресовими способами формування. Його можна розглядати як один з перспективних способів виробництва виробів з арболіту для підприємств великої потужності. Спосіб потребує спеціальне досить складне обладнання. В склад формувальної конвейерної лінії ПД-3 входять: роліковий конвейер з приводною і натяжною станціями; лоток-укладач нижнього шару цементно-піщаного розчину; самохідний бункер-укладач арболітової суміші; віброплощадки; вибровалка; вібропрокатної гусеничної секції. Крім того лінія обладнана вспоміжним і підіймально-транспортним обладнанням. Продуктивність лінії ПД-3 при виробництві конструкцій з максимальними розмірами 2300 укладача арболітової роботи складає 24 тис. м³/га; вік; швидкість прискаткування виробів на такій лінії коливається у межах 0,67...1,64 м/хвилину; потрібна кількість металевих форм для виконання річної програми – 150; чисельність обслуговуючого персоналу у міні – 6 чоловік; потужність електричних двигунів формувального обладнання – 50 кВт. Процес формування виробів на лінії здійснюється таким чином. Змазані форми в які укладена арматура, подають за допомогою кран-балки на приймний рольганг і команді з пульта управління направляють к установці для укладання нижнього опоряджувального шару з цементно-піщаного розчину. Цементно-піщаний розчин з проміжного бункера, який можна переміщувати, подається в приймальний бункер установки для нанесення нижнього опоряджувального шару. Після укладання розчину і його розрівнювання форму переміщують на віброплощадку під арболітоукладальник, який у нижній частині має скребачку і вільно обертаючийся валик. У процесі руху арболітоукладальника над формою, валик розрівнює арболітову суміш і частково її ущільнює. Потім укладається верхній опоряджувальний шар

цементно-піщаного розчину, який також розрізняється. Наступною технологічною операцією є віброушільнення на віброплощадці на протязі 30 с. Після чого форма з сумішшю поступає під колибувальний валик, який вібрирує у вертикальній площині. Валик укатує і стискає суміш по всій ширині виробу. Процес ушільнення арболітової суміші завершується на вібропркатній секції. Її головний агрегат – гусенична стрічка, яка входить у середину форми і здійснює плавне, поступове ушільнення під тиском не менше 0,15 МПа на протязі 2,5–4 хв. при швидкості прокатування у межах 0,67 – 1,64 м/хвилину. Внаслідок цієї операції зменшуються пружні деформації органічного заповнювача і розпресування виробів до необхідних значень; не потребується фіксація верхньої поверхні виробу після прокатування. Ушільнююче зусилля гусеничної стрічки регулюють зміною висоти, розташування валків прокатної секції, які переміщуються по вертикальним циліндричним направляючим за допомогою ручного гвинтового привода. Якість виробів з арболіту при такому способі ушільнення в значній мірі залежить від надлишку шару арболітової суміші над бортами форми і швидкості руху форми.

При ушільненні суміші вібропресуванням спочатку укладають арболітову суміш в форми під дією вібрації, потім ушільнюють і формують вироби під впливом пресового зусилля і фіксують досягнене ушільнення спеціальними кришками. Цей спосіб використовується на формувальній лінії ЛВ-24, яка призначена для виготовлення виробів розміром до 3.6x1.5x0.3 м і має продуктивність при двохзмінній роботі до 12 тис. м в рік. Тиск при формуванні складає до 0.2 МПа. На такій лінії можна отримати арболіт з класом по міцності при стиску В2 і В2.5. На формувальній лінії ЛВ-125 м продуктивністю при двохзмінній роботі 24 тис. м³ можливе виробництво виробів розміром до 7.2x1.5x0.3 м. На лініях ЛВ-24 і ЛВ-125 м у процесі формування форми з виробами здійснюють зворотно-поступове переміщення.

Конструкції з арболіту можна виготовляти на технологічній лінії ролюкового вібропрокату з формувальним агрегатом ТЗ-64. Основна операція формування виробів – ушільнення арболітової суміші при цьому способі здійснюється у три

стадії. На першій стадії за допомогою вібрації ущільнюють нижній шар опоряджувального розчину і арболітову суміш, на другій – ущільнення виконують методом ролкового вібропрокату (основне ущільнення); на третій – після укладання верхнього шару опоряджувального розчину, за допомогою преса у форму з виробом впресовують кришку, яку фіксують спеціальними замками. За рахунок операції на третій стадії здійснюють додаткове ущільнення і забезпечують необхідні геометричні розміри по товщині виробу.

Агрегатно-рольова технологічна лінія виробництва конструкцій і виробів з поризованого арболіту також оснащується серійно виробляемим обладнанням. Основне обладнання лінії віброплощадка СМЖ-200Б, бетоноукладач СМЖ-166А і комплект форм.

Для приготування технологічної піни і розчинів хімічних добавок в змішувальному цеху встановлюють додаткове обладнання. Для прискорення процесів приготування піноутворювачів застосовують воду, яка підігріта до температури $t_{\text{вод}} = 80^{\circ}\text{C}$. Перед змішуванням розчини піноутворювача і хімічних добавок охолоджують до $15...20^{\circ}\text{C}$.

Стілеві панелі з арболіту можна виготовляти способом вібрування з привантаженням $0.005...0.02 \text{ МПа}$. Вібрування здійснюють на протязі 3.5...4 хвилин. Формувальна лінія складається з віброущільнюючої установки, яка укомплектована переважувачем і віброплощадкою СМЖ-200А, однією металевою формою з укладкою і комплектом щитових піддонів тросового конвєсера для переміщення форми, роздавачів арболітової суміші і розчину зовнішніх шарів. Арболітова суміш із змішувачів подається з бетоноподавача, а потім – у форму в яку попередньо вкрито піддон. Під час переміщення форми суміш в ній розрівнюють сребачкою. Заповнену форму переміщують у формувальну установку. Після спускання привантажувача в форму на суміш останнє віброущільнюють на протязі 3.5...4 хвилин. Потім привантажувач підіймається за допомогою пневмоциліндрів, а форма переміщується на пост розпалублення. Відформовану панель на піддоні переносять кран-балкою на пост твердіння. При віброущільненні з переважувачем частинки деревного

заповнювача, які переміщуються, одні відносно інших з'ймають положення, яке забезпечує найбільшу площину контактних зон, що зменшує величину розпресування.

Твердіння – важлива технологічна операція при виробництві виробів і конструкцій з арболіту. Оптимальними для твердіння арболіту вважається температура $20 \pm 2^\circ\text{C}$ і відносна вологість $70 \pm 10\%$. Твердіння арболіту при температурі вище $+5 \pm \text{C}$, практично, припинюється. Ефективною тепловою обробкою арболіта є прогрів виробів при температурі $+40 \dots 50^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $50 \dots 60\%$. Теплова обробка повинна забезпечити не тільки необхідні відпускну і проектну міцність, але і відпускну вологість арболіту у виробах. Теплову обробку здійснюють у камерах, які обладнані термоелектронагрівачами (ТЕНами), калориферами, інфрачервоними випромінювачами, газовими пальниками, вентиляторами. Теплова обробка виробів з арболіту у середовищі насиченої пари або пароповітряному середовищі, на термопіддонах не дозволяється. Довалість витримування відформованих виробів і конструкцій з арболіту до початку теплової обробки повинна бути не менше ніж 12 годин. Швидкість підймання температури середовища у камері і швидкість зменшення температури після ізотермічного витримування не повинна бути більшою ніж 10 градусів на годину.

Тирсовий бетон, який вміщує тирсу деревину хвойних порід, мінеральні наповнювачі (пісок, графіт), портландцемент, мінералізатори, використовують у монолітному будівництві, при виготовленні стінових блоків для зовнішніх стін при спорудженні малоповерхових і сільськогосподарських будівель. При виробництві тирсобетонних сумішей спочатку цемент змішують з піском, а потім з тирсою, яка попередньо оброблена в розчині мінералізатора, і водою. Суміш готують у бетономішувачах примусової дії. На дані тирсобетонів класів з міцністю при стиску В1..В2 середньою щільністю $1050 \dots 1250 \text{ кг/м}^3$ витрачають: портландцементу $130 \dots 150 \text{ кг}$; вапна - $100 \dots 110$, піску 600 ; тирси - 200 кг . Найбільшої міцності вироби і конструкції з тирсобетонів досягають при твердінні

у теплих і вологих умовах. Найкращі результати одержують при використанні тирси розміром 1.5.... 5 мм.

Сьогодні сфера використання арболіту достатньо широка і фрагменти використання наведені на рис. 1.2



РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи-розробка технології виготовлення арболітових блоків із використанням костри льону як органічного наповнювача, що забезпечить підвищення екологічності, зменшення вартості матеріалу та покращення фізико-механічних характеристик готових виробів.

Завдання дослідження:

- вибір та розробка методик досліджень процесів твердіння, випробування складових арболіту та інших властивостей;
- дослідження впливу добавок-мінералізаторів на еластичності арболіту;
- дослідження впливу добавки-наповнювача Дері кату на властивості арболіту;
- підбір складу конструкційно-теплоізоляційного арболіту;
- підбір складу теплоізоляційного арболіту;
- визначення еластичностей арболіту на оптимальних складах.

Об'єкт дослідження:

-компоненти арболіту: цемент, костра льону, дефекал, розчинне скло, склади арболіту, зразки з арболіту.

Предмет дослідження:

-властивості арболіту: міцність, середня густина та водопоглинання вологість.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Планування дослідів з використанням математико-статистичних методів

Планування експериментів та вибір складу бетону з використанням математико-статистичних методів рекомендується проводити при використанні кількох складів бетону з різною рухливістю бетонної суміші; при побудові залежностей необхідних для коректування складу бетону у процесі його виготовлення при організації виробництва виробів по новій технології, а також у випадку використання автоматичних систем керування технологічним процесом.

Планування дослідів та вибір складу арболіту з використанням математико-статистичних методів заключається у виборі математичної залежності між заданими властивостями арболіту, витратою використовуваних матеріалів. Отримувана математична залежність використовується для пошуку та призначення оптимальних складів.

Побудова математичних залежностей проводиться на основі спеціальних лабораторних дослідів з послідовним їх уточненням у виробничих умовах.

Проведенню лабораторних дослідів повинні випереджати наступні етапи:

- уточнення в залежності від конкретної задачі оптимальних параметрів (м'якості арболіту, заданих параметрів, спеціальних вимог і т.д.);
- вибір факторів, визначаючих змінність оптимальних параметрів;
- розрахунок експериментального складу арболіта;
- вибір меж варіювання факторів;

У якості факторів в залежності від умов конкретної задачі можуть

У якості факторів в залежності від умов конкретної задачі можуть призначатися В/Ц суміші; витрата цементу; витрата заповнювачів і т.д.

Значення фактору у головному вихідному складі називається головним (середнім абсолютним рівнем).

При проведенні дослідів у залежності від умов задачі усі фактори

Для двофакторного експерименту - рівняння має вигляд

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (2)$$

3.2 Підбір складу арболіту

Підбір складу арболіту з використанням в якості заповнювача костри проводимо розрахунково-експериментальним методом взявши при цьому за основу розрахунок складу арболіту на деревній стружці [10].

Розрахунок і призначення вихідного складу арболіту проводиться в наступному порядку:

1. Приймаємо витрати цементу, води -50%, костри -70% за відповідними таблицями.
2. Перемішуємо ретельно суміш на протязі 5-7 хвилин.
3. Вкладаємо суміш в форму-куб розмірами 150x15x15 см і ущільнюємо відповідним способом. Заміряємо висоту заповнення сумішшю форми. При невідповідності висоти заповнення форми додаємо або зменшуємо кількість костри.
4. Після визначення витрати костри переходимо до оптимізації складу арболіту. Для цього прийняту витрату цементу збільшуємо і зменшуємо на 15 % а витрату води і костри на 5%.
5. За таблицею 5.2 встановлюємо витрату кальцію хлористого або рідкого скла.
6. Проводимо перерахунок витрати води з урахуванням знаходження її у розчині хімічної добавки.
7. Середня густина арболіту в сухому стані при даній витраті матеріалів визначаємо за формулою

$$\rho_{сух} = 1,15Ц + X_{сух} + Д \quad (3)$$

де Ц, $X_{сух}$ - відповідно витрати цементу, костри і хімічної добавки, кг/м³; 1,15Ц - маса цементного каменю з урахуванням хімічно зв'язаної води, кг на 1 м³ арболіту.

За проведеними випробуваннями зразків будуємо відповідний графік. В межах експерименту можемо визначити оптимальну величину витрати цементу.

9. Оптимальний склад арболіту визначаємо за коефіцієнтом конструктивної якості.

$$k.k.y. = R_b / \rho_{арб.} \quad (4)$$

3.3 Формування арболіту

Арболітова суміш не піддається законмірностям, притаманним бетонним сумішам на інших видах заповнювачів. Звичайна вібрація в цьому випадку малоефективна (із-за низьких гравітаційних та пружних якостей арболітової суміші), а пресування призводить до того, що після зняття навантаження здійснюється розпресування пружної суміші та порушення ущільненої структури.

Ці особливості арболітової суміші пояснюються властивостями компонентів заповнювача-легкого, пружного пористого матеріалу, швидко поглинаючого вологу в процесі перемішування та приготування арболітової суміші. В результаті чого суміш навіть при великих витратах води.

Із усіх способів ущільнення використовуємо пошарове ущільнення. Взагалі процес приготування арболітової суміші включає наступні етапи:

Спочатку ретельно додаємо добавки у воду та обробляємо хвою. Потім добавляємо цемент, пісок або інший наповнювач і ретельно перемішуємо.

Далше суміш шарами завантажуюмо у форму. Кожний шар ущільнюємо металевим товкачиком 5-6 ударами.

3.4 Твердіння та теплова обробка арболіту

не менше $+15^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 60-80%, за допомогою теплової обробки в камерах при температурі не більше $+40^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 50-60%.¶

• Теплова обробка виробів із арболіта в середовищі насиченої пари або пароповітряному середовищі, а також на термопіддонах не дозволяється.¶

• При тепловій обробці виробів і конструкцій із арболіта в камерах при $+40^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 50-60% тривалість окремих періодів повинна визначуватись виходячи із наступних вимог:¶

- → тривалість витримки відформованих виробів та конструкцій із арболіту до початку теплової обробки повинна бути не менше 12 годин.¶

- → швидкість підйому температури середовища в камері та швидкість остигання виробів та конструкцій з арболіту після ізотермічного прогрівання не повинні бути більше 10 град/год.¶

- → ізотермічне прогрівання сформованих виробів та конструкцій із арболіта повинне виконуватись при температурі теплоносія не більше $+40^{\circ}\text{C}$, відносній вологості теплоносія 50-60%.¶

Загальний цикл теплової обробки при цих умовах повинен перевищувати 24 години.¶

Твердіння арболіту при температурі нижче $+15^{\circ}\text{C}$ уповільнюється, при температурі нижче $+5^{\circ}\text{C}$ практично закінчується. При підвищенні температури та достатній відносній вологості тверднення йде значно швидше, ніж в нормальних умовах. Встановлено, що найбільш ефективною тепловою обробкою арболіта у всіх випадках є прогрів виробів при $+40^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря 50-60%. Підвищення температури прогріву вище $+40^{\circ}\text{C}$ призводить до зниження кінцевої міцності арболіту.

Згідно діючих нормативних документів твердіння виробів та конструкцій із арболіту повинно виконуватись в природних умовах при температурі повітря

3.6 Визначення властивостей матеріалів та арболіту

Визначення властивостей матеріалів та арболіту проводилося за

стандартними методиками [16-27].

РОЗДІЛ 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ.

4.1 В'язуче

В якості в'язучого використовуємо портландцемент ПЦ П/А-Ш -400 ДСТУ Б В. 2.7-46:2010.

Випробування цементу проводилися у відповідності з вимогам, які наведені у ДСТУ Б В.2.7-185; ДСТУ Б В.2.7-187; ДСТУ Б В.2.7-188.

Результати випробувань порівнювалися з вимогами ДСТУ Б В. 2.7-46:2010 і наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Результати випробування цементу

4.2 Костра льону

4.2.1 Визначення насипної густини костри

У посудину поміщуємо 0,5 кг висушеної костри. Зверху накладемо диск та забезпечимо навантаження на костру 7 кг. Після цього витримуємо костру під навантаженням 5 хвилин та зміряємо на скільки опустився диск з навантаженням. Потім по формулі обчислюємо насипну густину костри.

$$Q_m = m/v (1+0,01w)$$

Де m-маса костри, г; w- вологість костри, %; v- об'єм під металевим диском, см³.

Розміри посудини d= 23,7 см; h=23,4 см

Диск опустився на 3,5 см

Об'єм під диском становить:

Тоді насипна густина становить:

Насипна густина костри -

4.4 Рідке скло

Хлорид кальція беремо 10%- концентрації. По табл. 3.4 [10] знаходимо, що вміст солі в 1 л такого розчину густина $1,084 \text{ г/см}^3$ рівни $1,108 \text{ кг}$. Для введення в арбелі необхідної кількості солі у вигляді 10%- розчину на 1 м^3 суміші його необхідно: $8:0,108 = 74,07 \text{ л}$.

Рідке натрієве скло (ГОСТ 13078-81) - це повітряна в'язуча речовина, яка використовується, як мінералізатор так і прискорювач тверднення.

В експериментах використовувалося рідке натрійове скло. Результати випробувань наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Результати випробувань

--

4.5. Дефекат

Дефекат являє собою тонкодисперсний порошок, який є відходом при виробництві рафінованого цукру. Результати випробувань дефекату наведені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 Результати випробувань дефекату

4.6 Полівінілацетатна дисперсія

Полівінілацетатна дисперсія (ГОСТ 18992-80) - продукт полімеризації вінілацетата у водному середовищі у присутності ініціатора і захисного колоїда. Використовуємо для покращення зчеплення шпатель з цементним каменем. Основні показники ПЕ А наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 Основні показники

РОЗДІЛ 5
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ
5.1 Підбір складу арболіту

Підбір складу арболіту проводимо у відповідності до розділу 3.5.

5.1.1 Підбір складу арболіту густиною 700 кг/м^3 і міцністю $3,5 \text{ МПа}$.

1. Приймаємо витрати цементу 360 кг за відомою таблицею.
2. Експериментально встановлюємо витрату костри льону 180 кг .
3. Витрата води визначена експериментально і дорівнює 165 кг .
4. За таблицею 5.2 встановлюємо витрату кальцію хлоридного - 8 кг .

Хлорид кальція беремо 10% - концентрації. По табл. 3.4 [10] знаходимо, що вміст солі в 1 л такого розчину густиною $1,084 \text{ г/см}^3$ рівний $0,108 \text{ кг}$. Для введення в арболіт необхідної кількості солі у вигляді 10% розчину на 1 м^3 суміші його необхідно: $8:0,108 = 74,07 \text{ л}$.

В цій кількості розчину солі, води міститься $1,084 \times 74,07 - 8 = 72,5 \text{ л}$.

Враховуємо воду, яка знаходиться в розчині добавки $V_1 = 165 - 72,5 = 92,5 \text{ л}$

5. Приймаємо $V/D = 0,5$

Витрата ПВА становить 5% від маси цементу - 18 кг . Але а ПВА вміст твердої речовини 50% , тому витрата його становить $36 \text{ кг} = 37,44 \text{ л}$.

Проте цьому знову робимо перерахунок витрати води.

$$V_2 = 92,5 - 18,72 = 73,78 \text{ л}$$

Визначені витрати матеріалів заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Витрата матеріалів на 1 м^3 арболіту

5.1.2 Підбір складу арболіту густиною 450 кг/м^3 і міцністю $0,35 \text{ МПа}$

1. Приймаємо витрати цементу 260 кг за відповідною таблицею.
2. Експериментально встановлюємо витрату костри льону 160 кг .
3. Витрата води визначена експериментально і дорівнює 182 кг .

4. За таблицею 5.2 встановлюємо витрату рідкого скла - 8 кг.

Рідке скло має 28% концентрацію. По табл. 5.5 (10) знаходимо, що вміст безводного рідкого скла в 1 л такого розчину густиною 1,26 г/см³ складає 0,3 кг. Для введення в арболіт необхідної кількості рідкого скла на 1м³ суміші його потрібно $8:0,3=26,7$ л.

Враховуємо воду, яка знаходиться в розчині скла $V_1 = 182-26,7=155,3$ л

5. Приймаємо П/Ц=0,5

Витрата ПВА становить 5% від маси цементу-10 кг. Але в ПВА вміст твердої речовини 50% , тому витрата його становить $26,7=27,04$ л.

При цьому знову робимо перерахунок витрати води.

$$V_2 = 155,3 - 27,04 = 128,3 \text{ л.}$$

Визначені витрати матеріалів заносимо до таблиці.

Таблиця 5.2 Витрати матеріалів на 1 м³ арболіту

5.2 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини П/Ц на властивості конструкцій теплоізоляційного арболіту

Проведення дослідів проводилося з використанням математико-статистичних методів планування експериментів у відповідності з розділом 3. В якості факторів були вибрані витрати костри льону, цементу і води. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 Значення інтервалів варіювання

5.2.1 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини E/G на вологість арболіту

Алгебраїчне рівняння вологості арболіту

(1)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $10,2 < 19,3$.

За рівнянням (1) побудовані графіки на рис. 5.1, 5.2, 5.3.





Змінні фактори X_1 , X_2 , X_3 .

Рис. 5.3 Залежність вологості арболіту від витрат льону, цементу і величини В/Ц. Термін тверднення 1 діб.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на вологість чинять В/Ц і поєднання витрат гостри льону і води. Графічний аналіз, який представлений в

трьох варіаціях рис. 5.1 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша вологість при витраті компонентів на максимальному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша вологість при максимальній витраті води. На рис. 5.3 показано, що можна отримати найменшу вологість при максимальній витраті костри льону.

5.2.2 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на середню густину арболіту

Алгебраїчне рівняння середньої густини арболіту

(2)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $11,2 < 19,3$.

За рівнянням (2) побудовані графіки на рис. 5.4, 5.5, 5.6.



Рис. 5.4 Залежність середньої густини арболіту від витрат кубічного льону, цементу і величини В/Ц. Термін тверднення 7 діб.

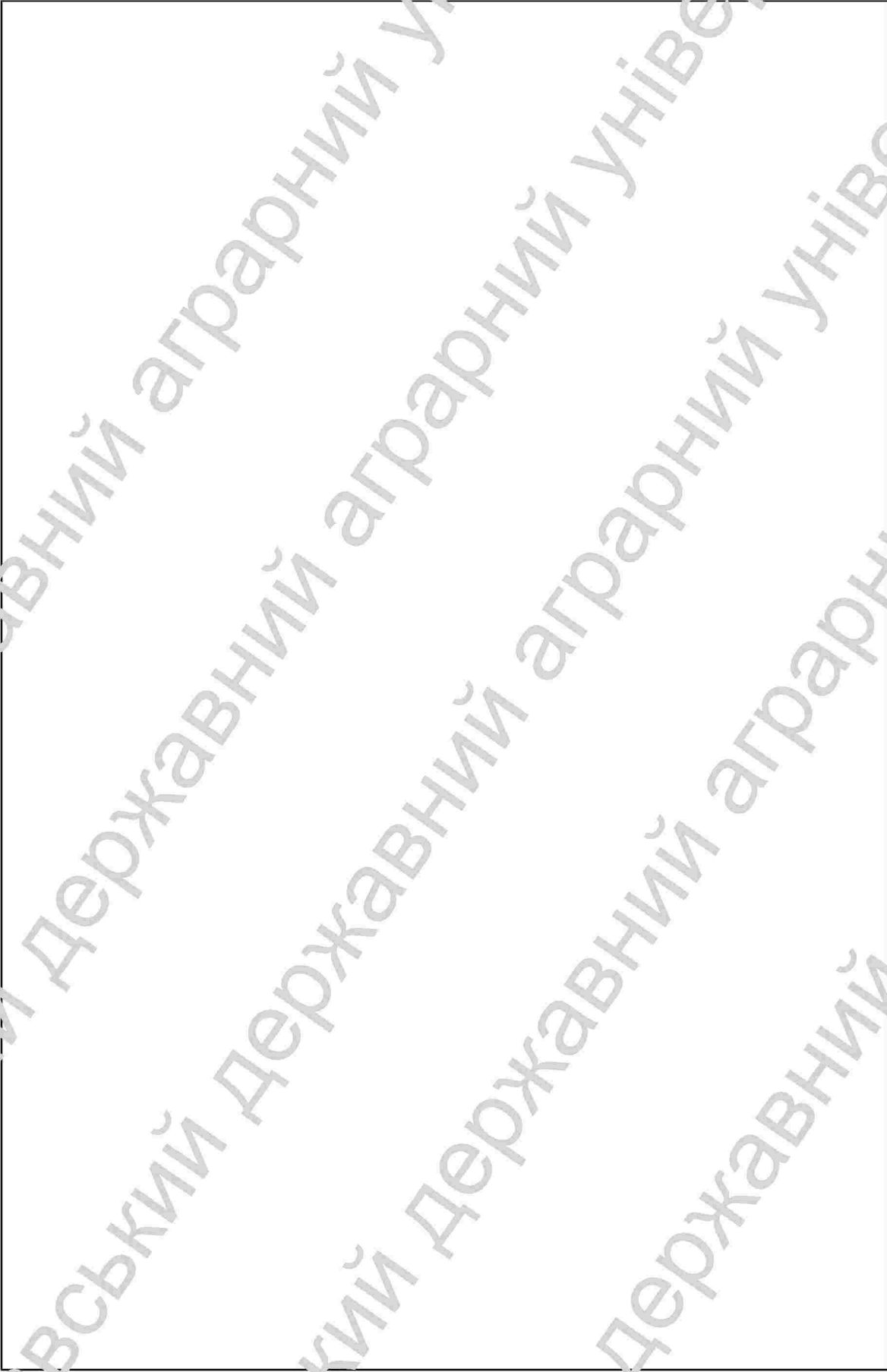


Рис. 5.5 Залежність середньої густини зрості від витраткоостри льоку лісоступу і величини В/Ц. Терміт згертнення 7 діб.



Рис. 5.6 Залежність середньої густини аргументу від витрат кошти льону, цементу і величини В/Ц. Термін ннє 7 діб.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на середню густину чинять витрата цементу і поєднання витрат кошти льону і води. Графічний аналіз, який

представлений в трьох варіаціях рис. 5.4 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша середня густина при витраті компонентів на максимальному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша середня густина при максимальній витраті води. На рис. 5.6 показано, що можна отримати найменшу середню густина при середній витраті костри льону.

5.2.3 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на міцність арболіту

Алгебраїчне рівняння границі міцності при стиску арболіту

(3)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $2,5 < 19,3$.

За рівнянням (3) побудовані графіки на рис. 5.7, 5.8, 5.9.

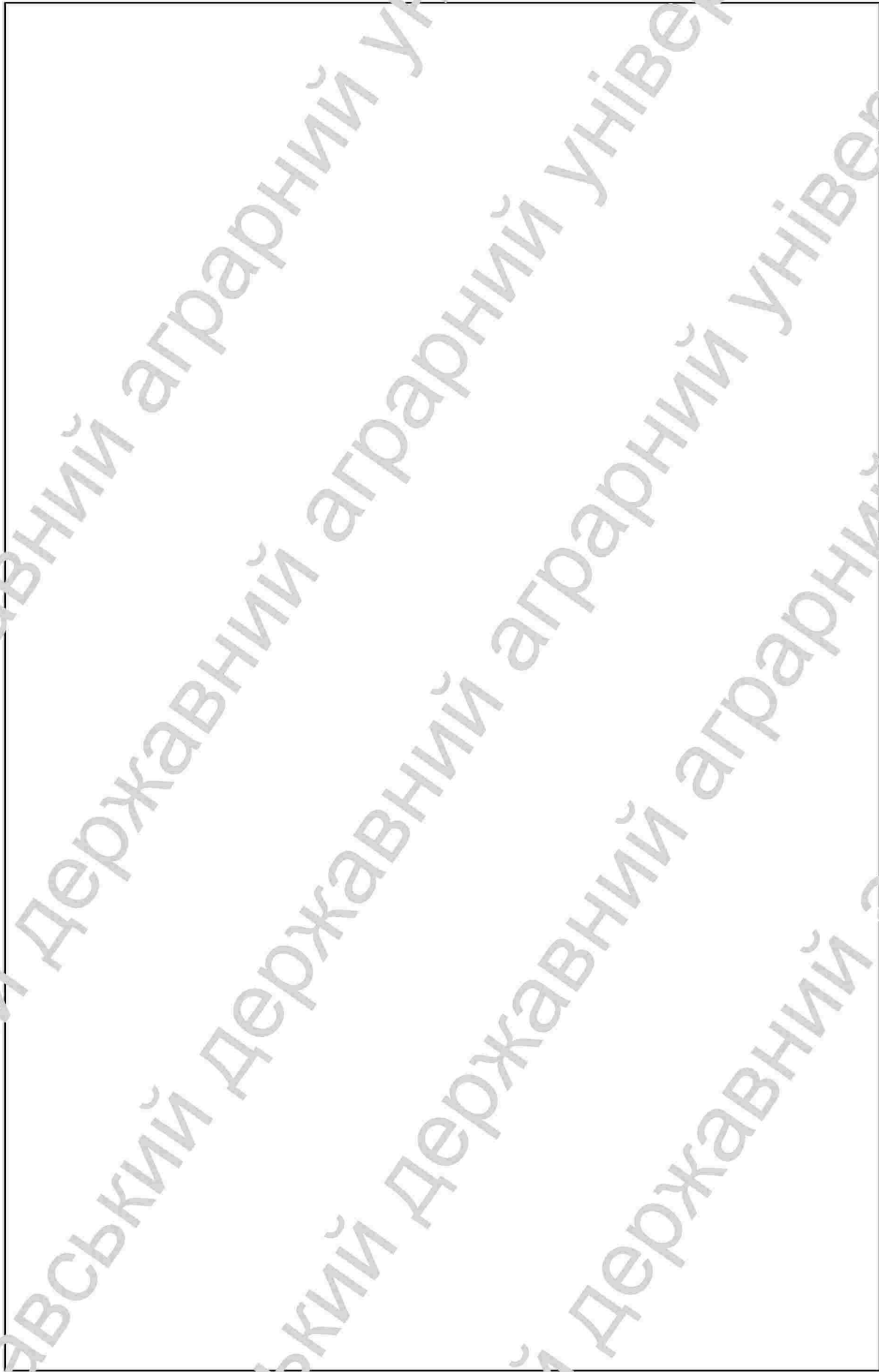
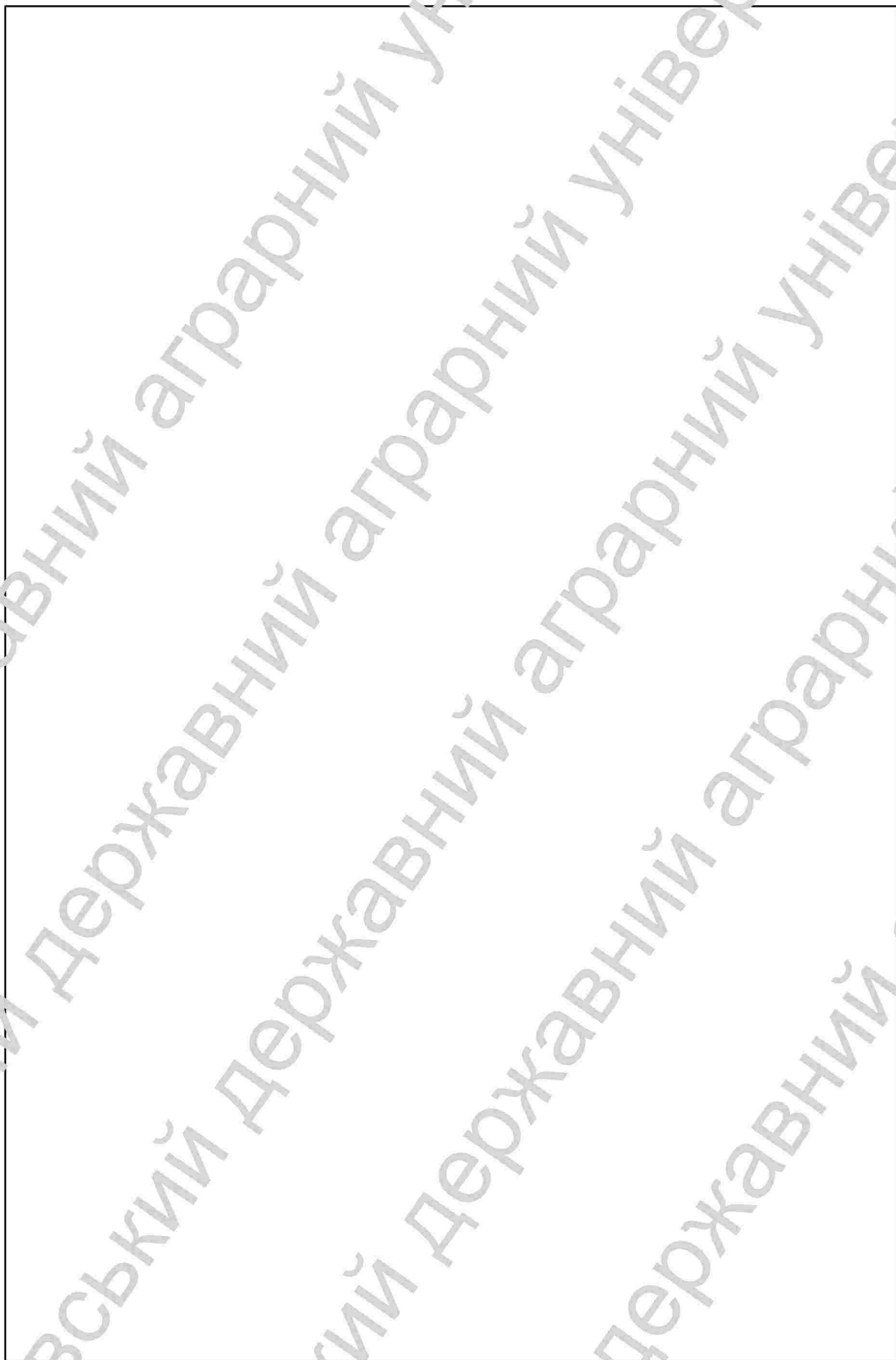


Рис. 5.7 Залежність міцності зуболіту в 7-ми добовому від зли витрат костри льону, г/гменту і величини В/Ц



Однієї факультет, 2017, 2018

Рис. 5.8 Залежність міцності арболіту в 7-ми добовому віці від витрат костри льону, цементу і величини В/Ц



Рис. 5.9 Залежність мц.юсті арболіту в 7-ми добовому віці від витрат костри льону, цементу і величини В/Ц

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

В результаті обробки експериментів на ПЕОМ отримані алгебраїчні рівняння водопоглинання, середньої густини і границі міцності при стиску арболіту в досліджуваних межах зміни факторів.

5.2.4 Дослідження впливу витрати костри льону, цементу і В/Ц на водопоглинання арболіту

Алгебраїчне рівняння водопоглинання арболіту

(4)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $1,2 < 19,3$.

За рівнянням (4) побудовані графіки на рис. 5.10, 5.11, 5.12.

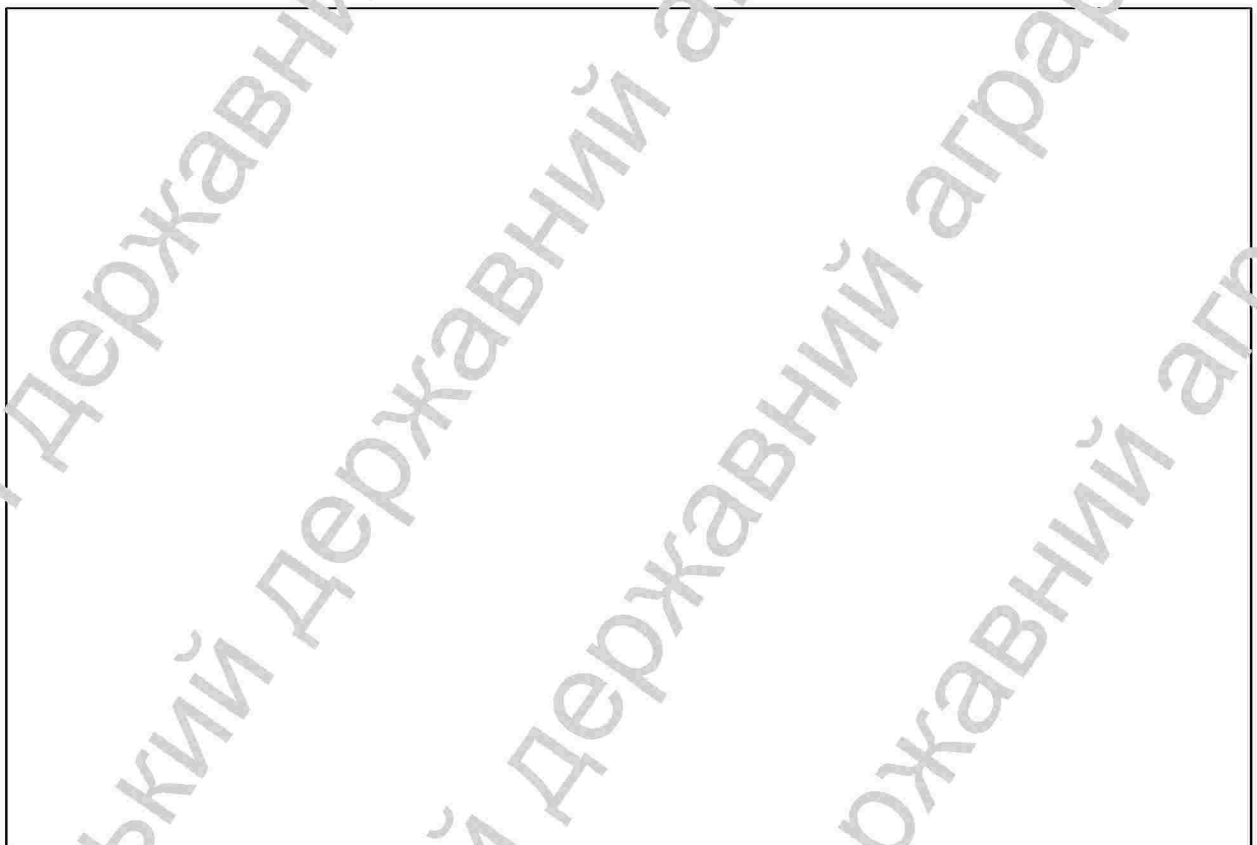


Рис. 5.10 Карта ефектів Парето для оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії



Рис. 5.11 Загальний вид поверхні функції відгуку міцності при згині від витрат костри льону і цементу



Рис. 5.12 Загальний вид поверхні функції відгуку міцності при згині від витрат костри льону і величини В/Ц

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на водопоглинання чинять витрата води і цементу та поєднання витрат коври льону і води. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях, рис. 5.10 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільше водопоглинання при мінімальній витраті цементу, а найменше - при витраті коври льону на основному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільше водопоглинання при максимальній витраті води. На рис. 5.12 показано, що найбільше водопоглинання при максимальній витраті коври льону.

5.2.5 Дослідження впливу витрат коври льону, цементу і В/Ц на середню густину арболіту

Алгебраїчне рівняння середньої густини арболіту

(5)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $2,6 < 19,3$.

За рівнянням (5) побудовані графіки на рис. 5.13, 5.14, 5.15.

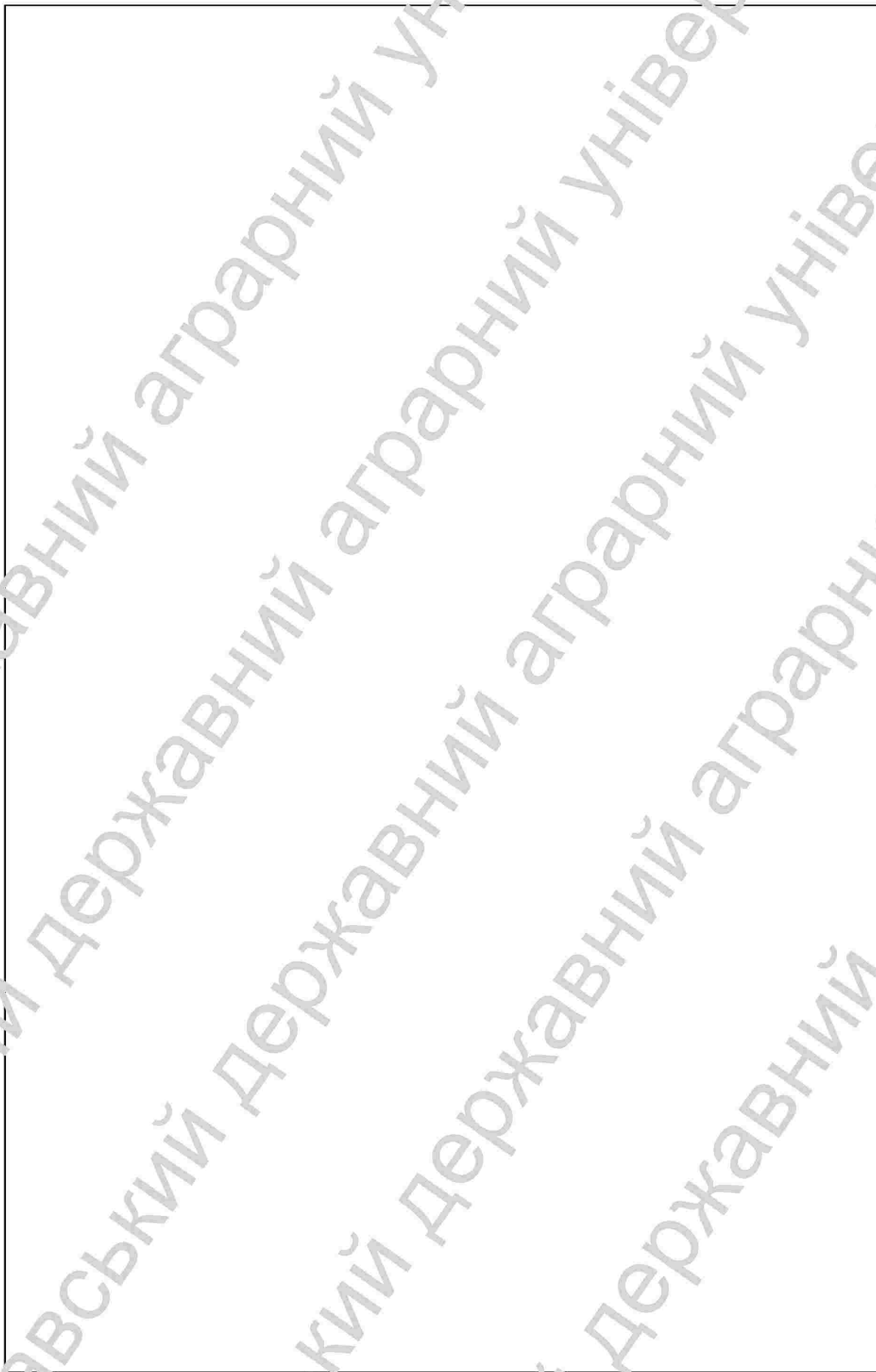


Рис. 5.13 Залежність середньої густини вирощування від витрат костри льону, цемента і величини В/Ц. Термін зверднення 28 діб.

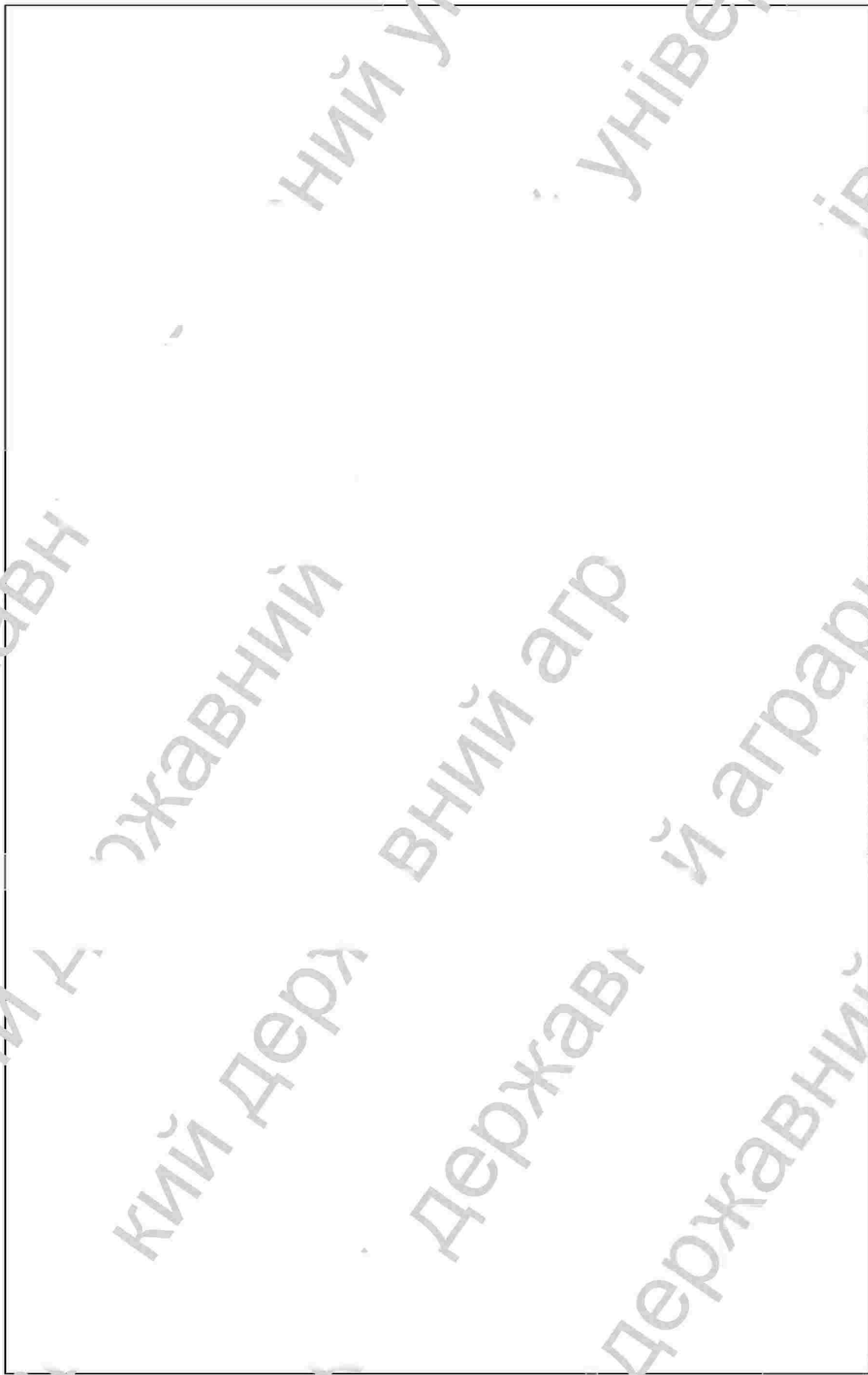


Рис. 14 Залежність середньої площі листкової пластинки льону від температури влітку в період вегетації

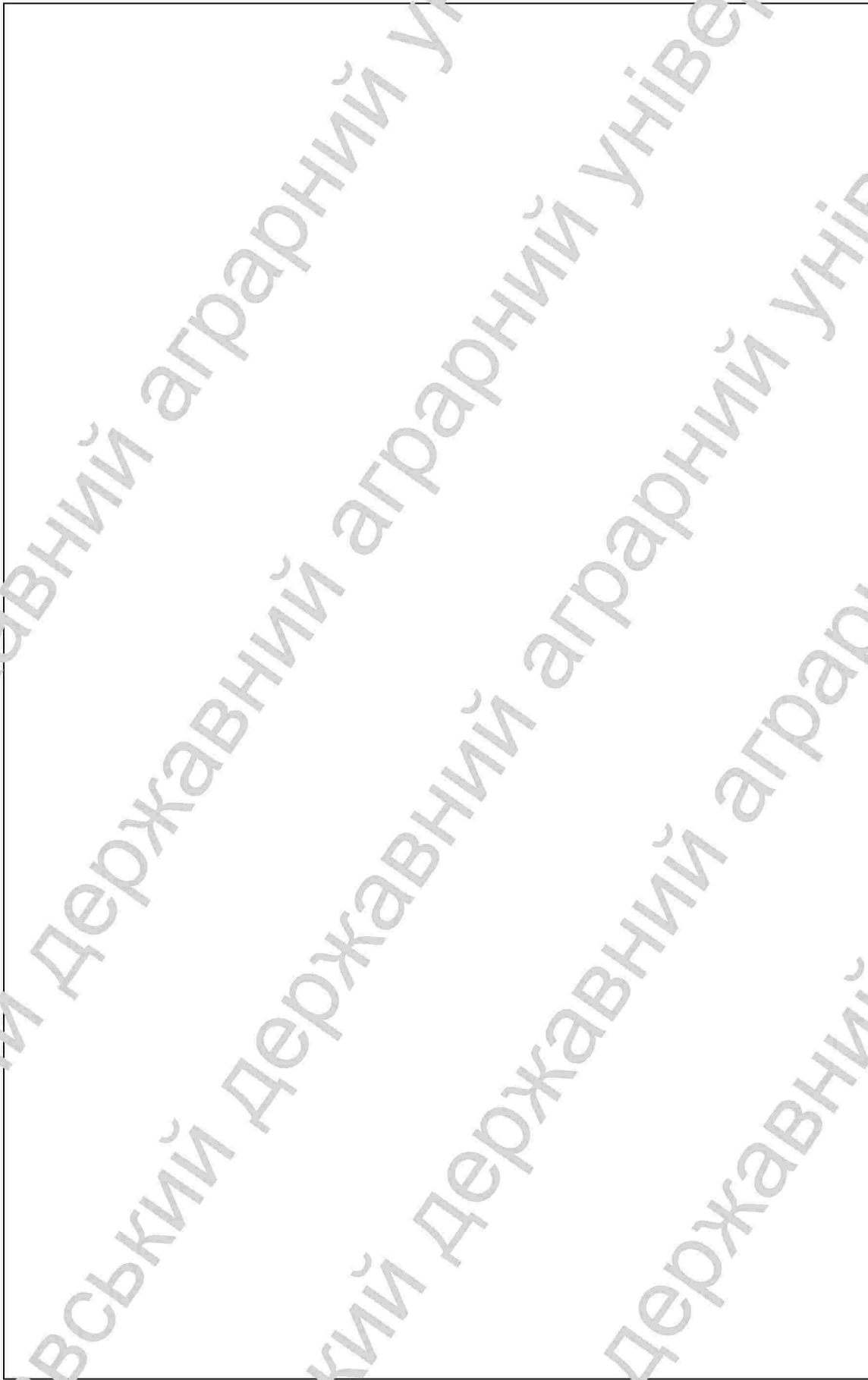


Рис. 5.15 Залежність середньої густини арболіту від вигукостри льону, діаметру і величини БЛД. Гермін тверднення 28 діб.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на середню густину чиста витрата цементу і поєднання витрат костри льону і води. Графічний аналіз який представлений в трьох варіаціях рис. 5.13 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша середня густина при витраті компонентів на максимальному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша середня густина при максимальній витраті костри льону. На рис. 5.15 показано, що можна отримати найменшу середню густину при середній витраті костри льону.

5.2.6 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на міцність арболіту

Алгебраїчне рівняння границі міцності при стиску арболіту

(6)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $3,2 < 19,3$.

За рівнянням (6) побудовані графіки на рис. 5.16, 5.17, 5.18.

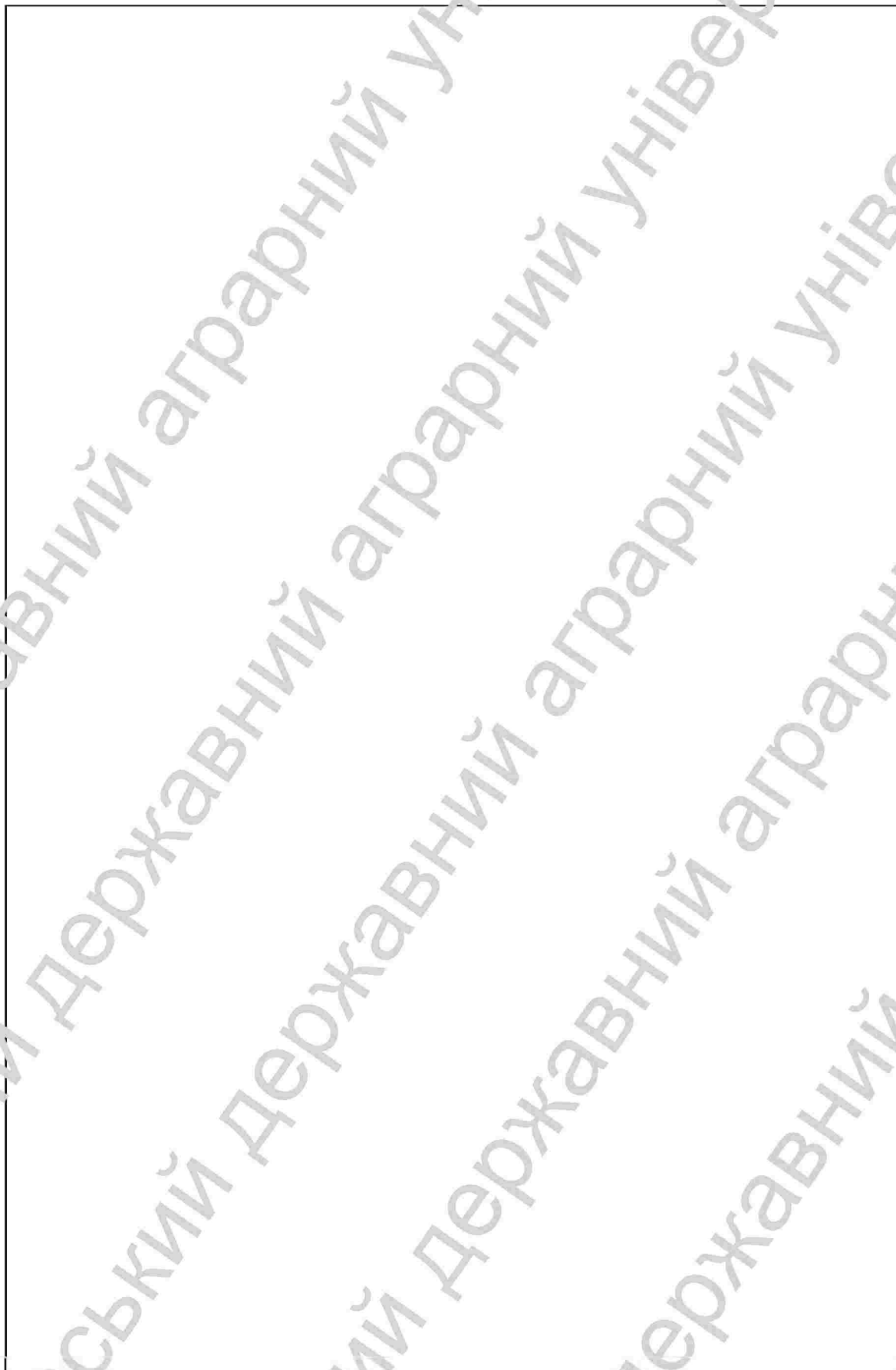


Рис 5.16 Залежність міцності арболіту в 28-місячному віці від витрат когрити лону, цементу і величини В/Ц.

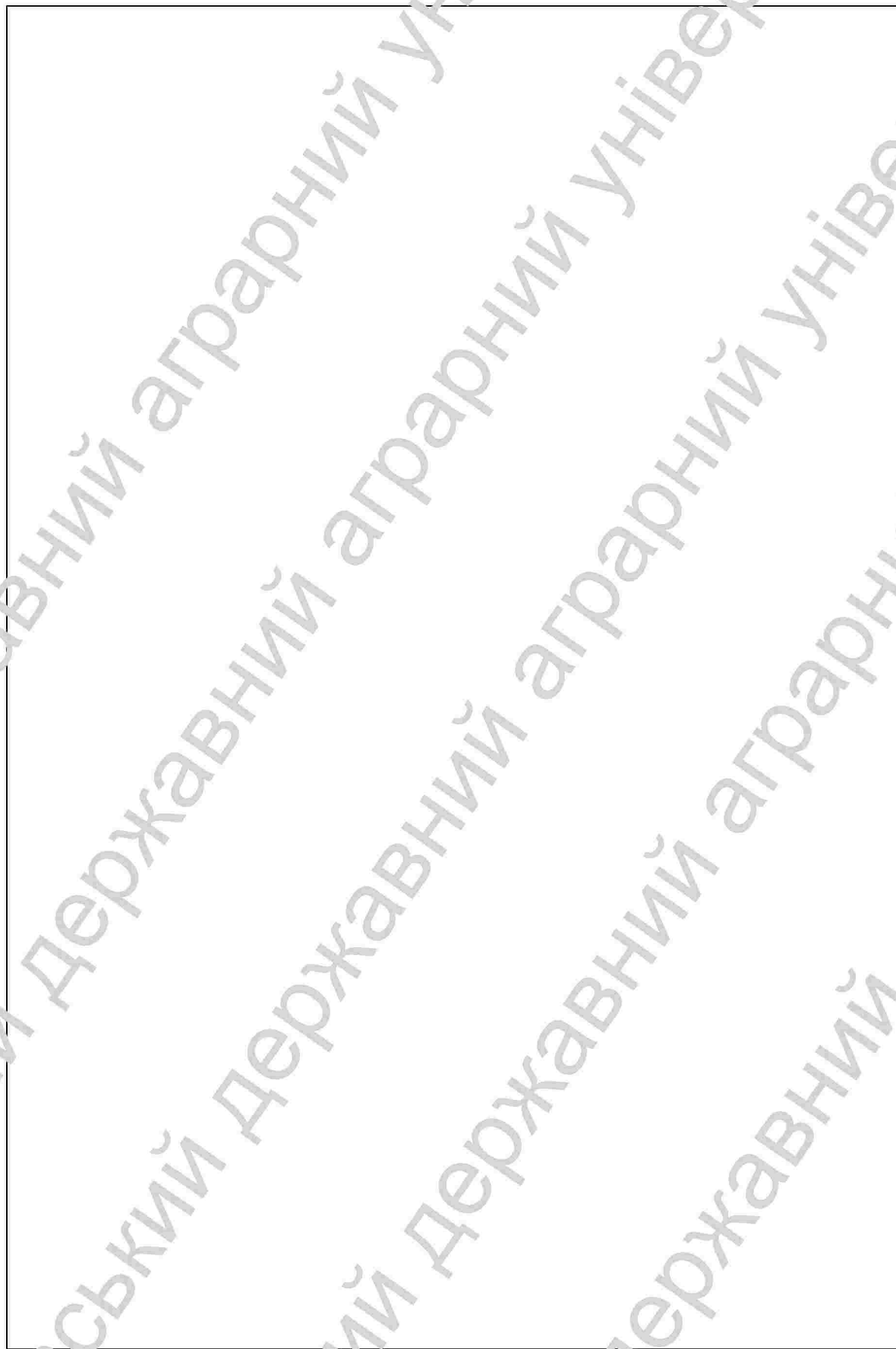
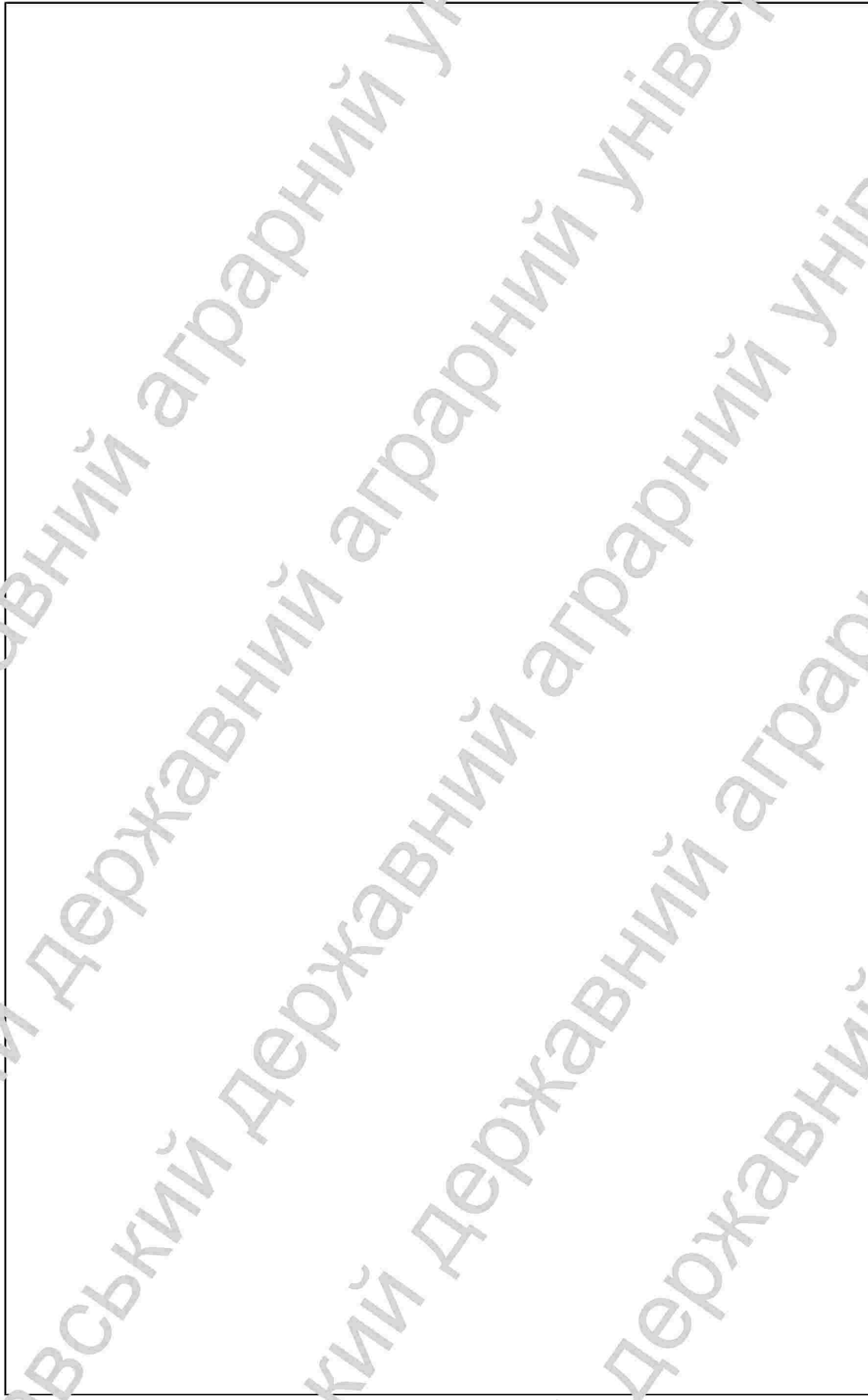


Рис. 5.17 Залежність міцності арболіту в 28-ми добовому віці від витрат кошти лону, цементу і величини В/Ц.



Змінні фактори X1, X2, X3.

Рис. 5.18 Залежність міцності арболіту в 28-ми добовому віці від витрат коєфіцієнту лону, цементу і величини В/Ц.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на границю міцності при стиску чинять витрата цементу і води. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.16 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність отримана при витраті цементу на максимальному рівні і костри льону на основному. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність отримана при максимальній витраті цементу. На рис. 5.18 показано, що можна отримати найбільшу міцність при мінімальних витратах костри льону і води та максимальній - цементу.

5.3 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на властивості теплоізоляційного арболіту

Проведення дослідів проводилося з використанням математико-статистичних методів планування експерименту у відповідності з розділом 3. В якості факторів були вибрані витрати костри льону, цементу і води. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 Значення інтервалів варіювання

Дослідч проводилися у відповідності з прийнятим планом експеримента. План експериментів та результати дослідів наведені у таблиці 5.7. Термін твердіння зразків 7 діб.

(7)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $F_{1,2} < 19,3$.

За рівнянням (7) побудовані графіки на рис. 5.19, 5.20, 5.21

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на середню густину чинять витрата цементу і поєднання витрат костри льону і води. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.19 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша середня густина при витраті компонентів на максимальному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша середня густина при максимальній витраті води. На рис. 5.6 показано, що можна отримати найменшу середню густину при середній витраті костри льону.

5.3.2 Дослідження впливу витрат костри льону, цементу і величини В/Ц на міцність арболіту

Алгебраїчне рівняння границі міцності при стиску арболіту:

(8)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $F_{9,7} < 19,3$.

За рівнянням (8) побудовані графіки на рис. 5.22, 5.23, 5.24.

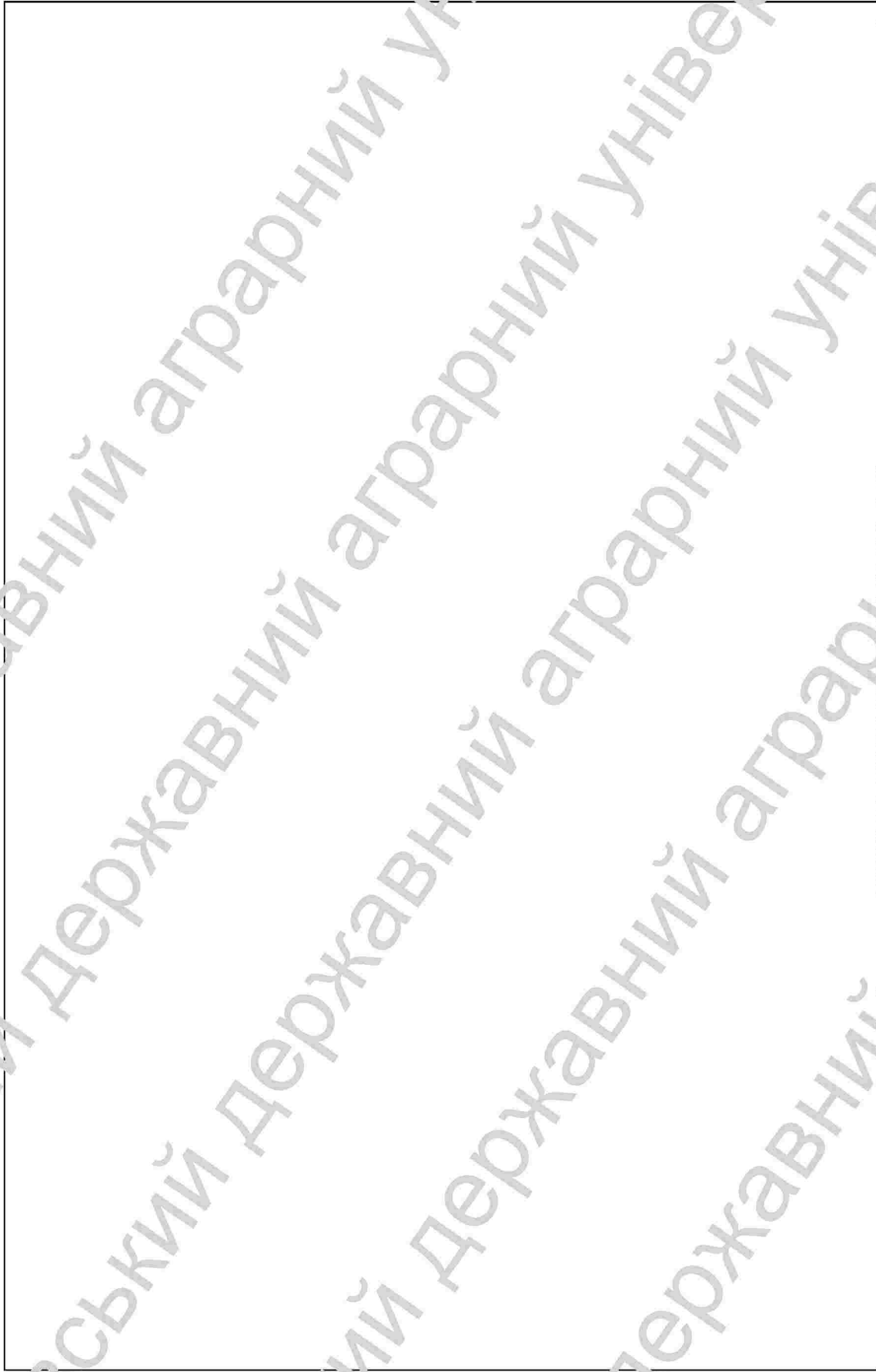


Рис. 5.22 Залежність міцності теплоізоляційного арболіту в 7-міс добовому віці від витрат костри льону, цементу і величини В/Ц.

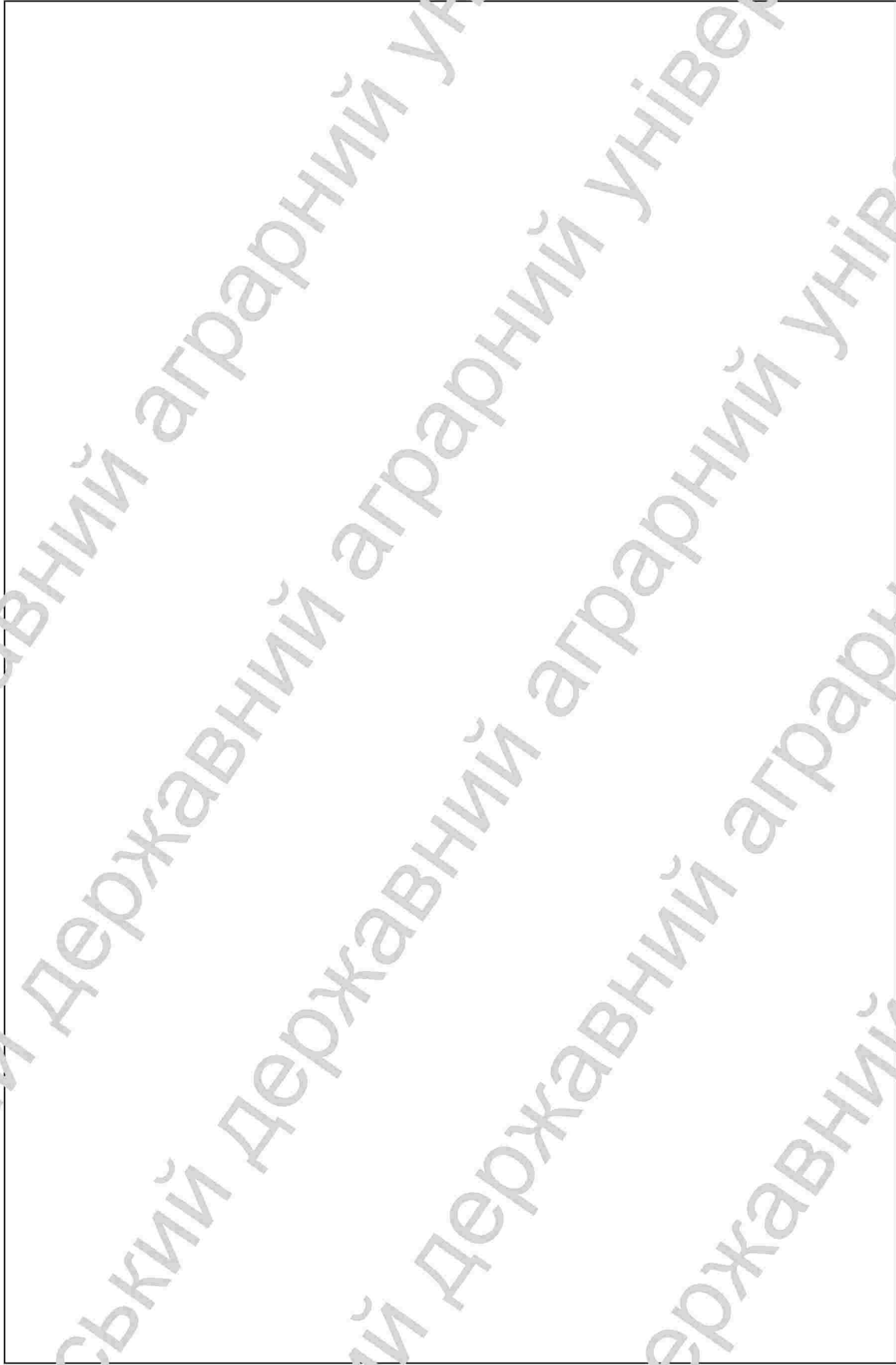


Рис. 5.23 Залежність міцності теплової арболітної арболіти в 7 м добовому витраті палива трактора, палива і величини В/Ц

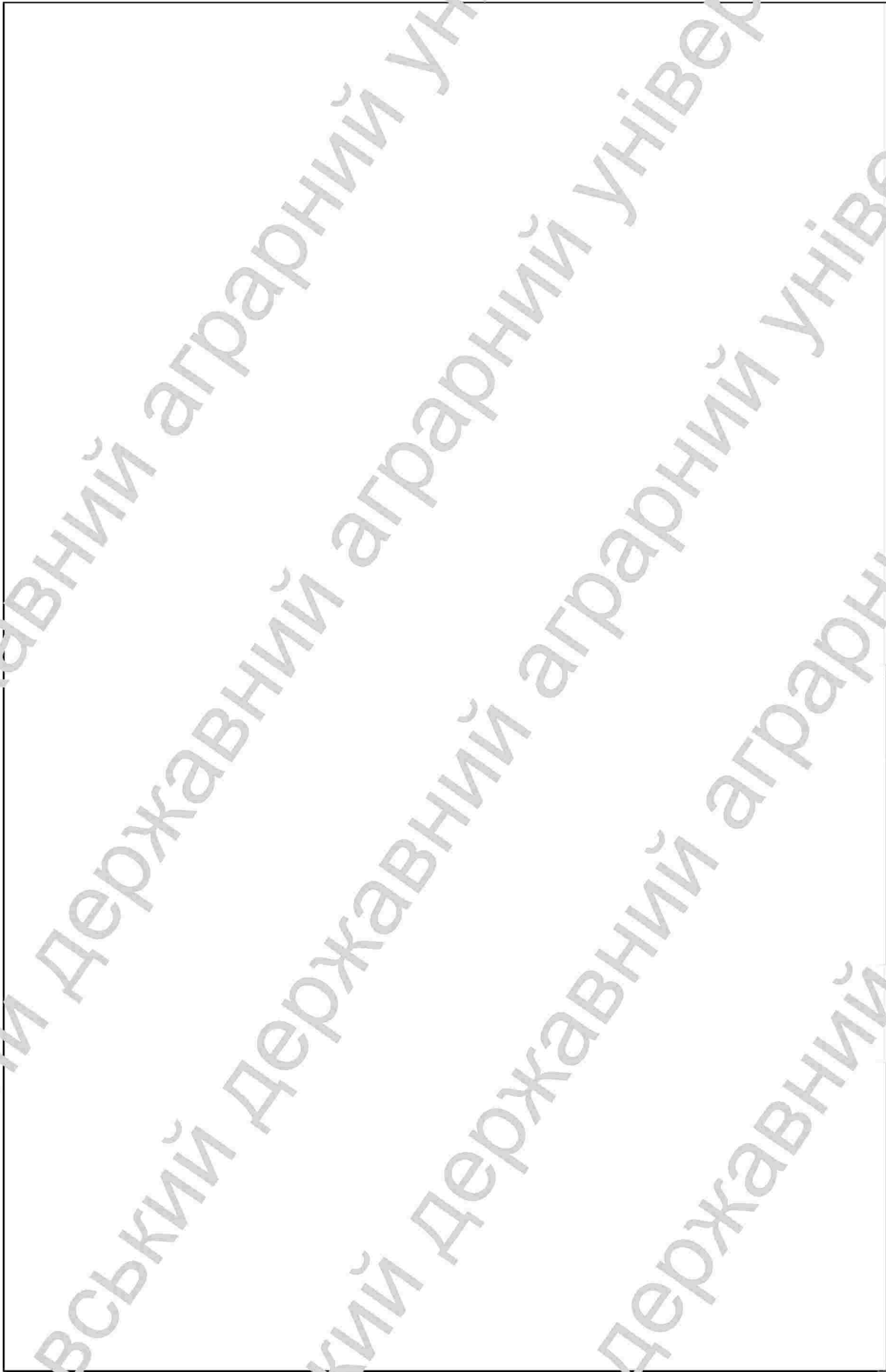


Рис. 5.24 Залежність міцності теплоізоляційного арболіту в 7-місячному віці від вмісту гіпсу, цементу і величини В/Ц.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на границю міцності при стиску чинять витрата цементу і води. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.22 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність отримана при витраті цементу на максимальному рівні і костри льону на мінімальному. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність, аналогічна приведеним поясненням вище. На рис. 5.24 показано, що можна отримати найбільшу міцність при мінімальних витратах костри льону і В/Ц та максимальній - цементу.

5.4 Дослідження впливу витрати наповнювача - Дефікату і величини В/Ц на міцність і середню густину арболіту. Термін твердіння 7 діб.

Метою даного дослідження є зменшення деформативності арболіту в процесі каспуляції.

Проведення дослідів проводилося з використанням математико-статистичних методів планування експериментів у відповідності з розділом 3. В якості факторів були вибрані витрати Дефікату і величина В/Ц. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 Значення інтервалів варіювання

Фактор	Мінімальне значення	Максимальне значення	Основне значення
1			
2			
3			
4			

Досли проводилися у відповідності з прийнятим планом експеримента. План експериментів та результати дослідів наведені у таблиці 5.9. Термін твердіння зразків / діб.

Таблиця 5.9 - План експеримента та результати дослідження

№	Фактор	Рівень	Результат	
			Відношення	Середня густина
1	В/Ц	1		
2	В/Ц	2		
3	В/Ц	3		
4	В/Ц	4		
5	В/Ц	5		
6	В/Ц	6		
7	В/Ц	7		
8	В/Ц	8		
9	В/Ц	9		
10	В/Ц	10		

Проведена обробка результатів досліджень на ПЕОМ. Отримані алгебраїчні рішення залежностей для щільності (9) і середньої густини (10).

Аналіз рівняння (10) і графічних залежностей рис. 5.25-5.27 показує, що найбільший вплив на середню густину чинить витрата дефекту і в меншій мірі В/Ц. Найменші значення густини отримано при знаходженні факторів на нижньому рівні.

Верхній різець (+1)

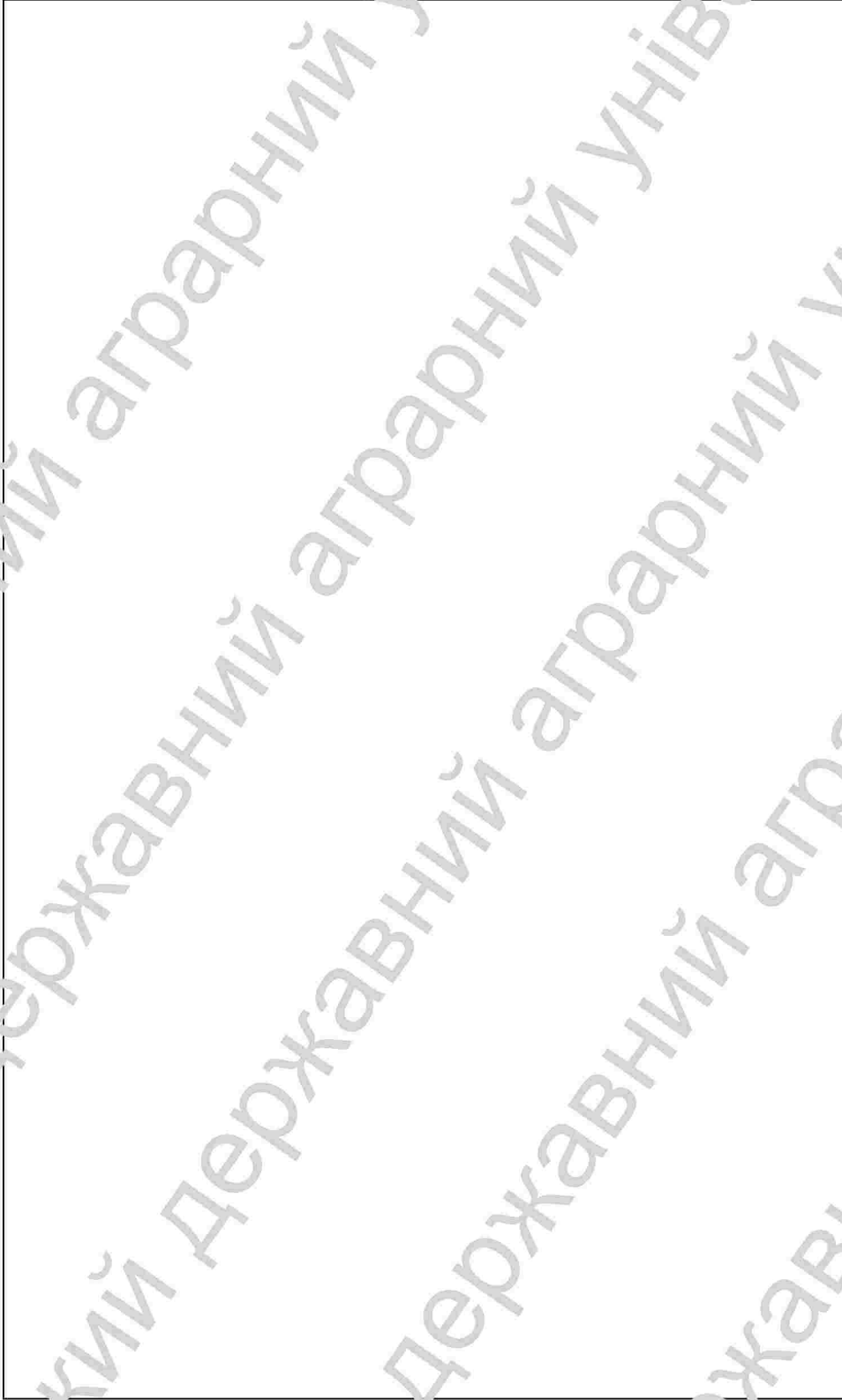


Рис. 5.25 Залежність середньої ширини арболіту від витрати Державної величини В/Ц.
Тег мін гверднення 7 діб.

Основний рівень (С)

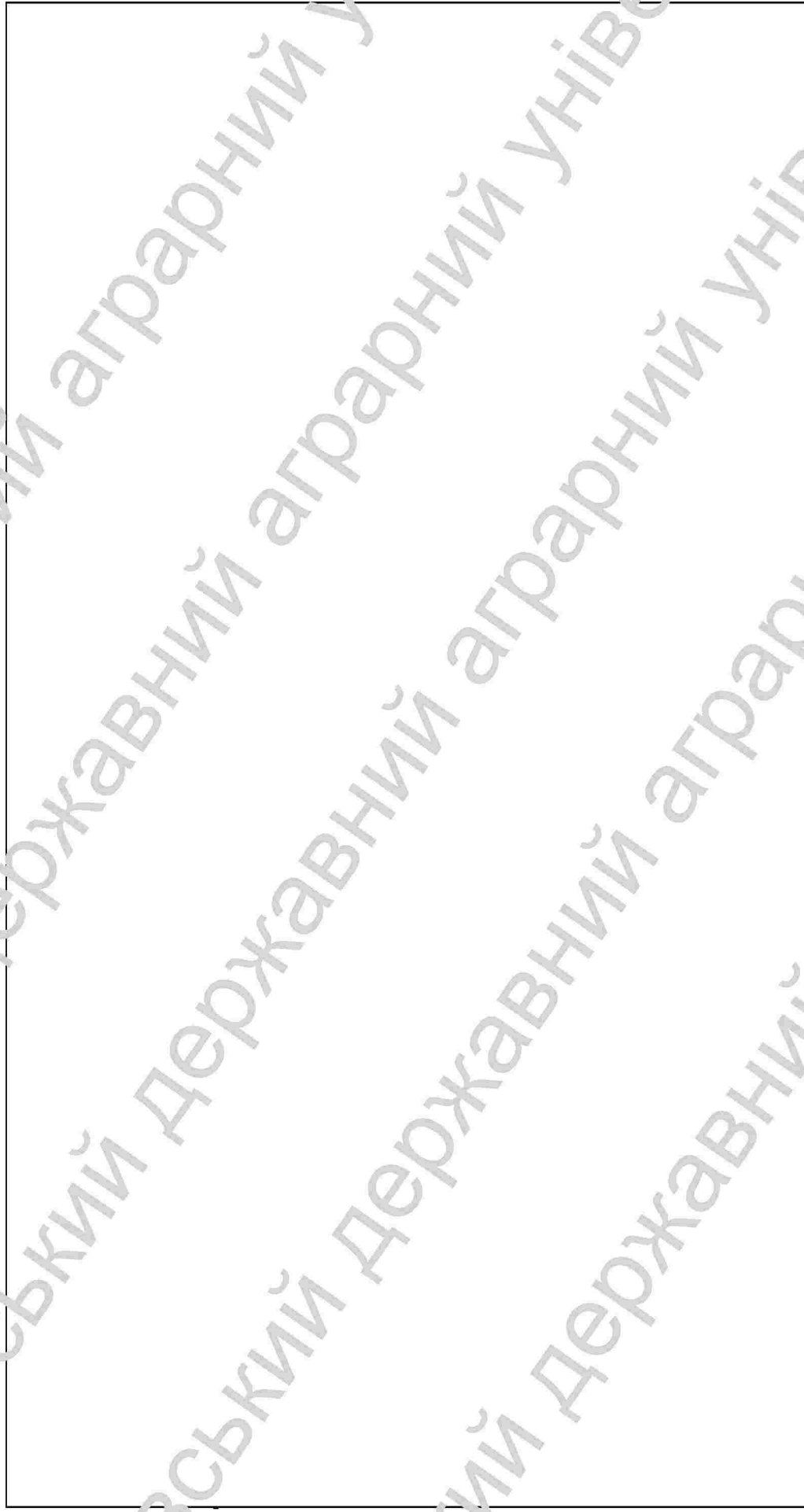


Рис. 5.26 Залежність середньої густини арболіту від витрати Дефікагу і величини ГД.
Термін тверднення 7 діб.

Нижній рівень (-1)

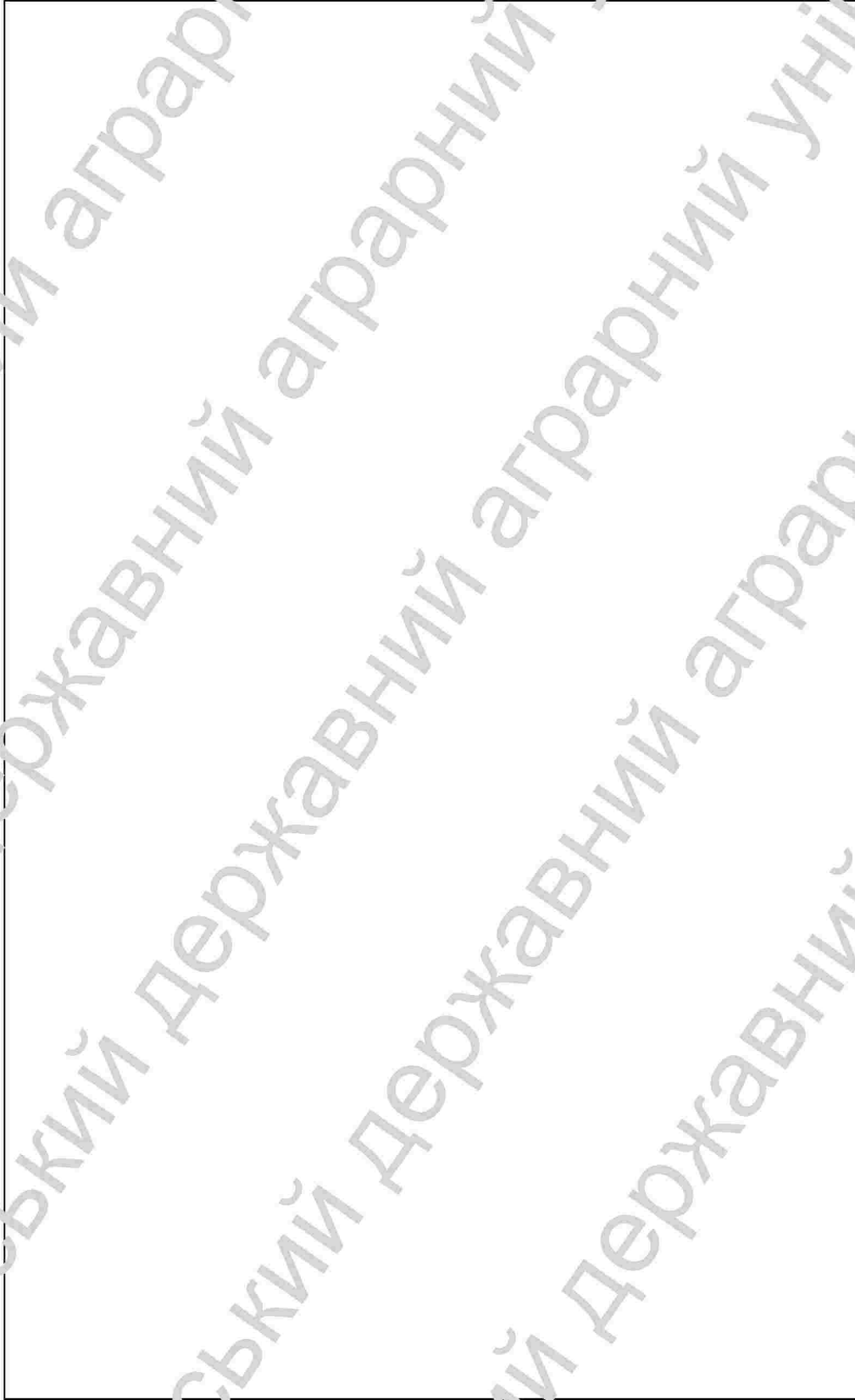


Рис. 5.27 Залежність середньої густини арболіту від витрат. Дефікату і величини В/Ц. Термін тверднення 7 діб.

Аналіз рівняння (9) і графічних залежностей рис. 5.28-5.30 показує, що найбільший вплив на міцність чинить величина В/Ц та сумісна дія факторів, а витрата дефікату в меншій мірі. Найбільша міцність арболіту була отримана при максимальній витраті дефікату і величині В/Ц.



Рис. 5.28 Залежність міцності арболіту від витрати Дефікату і величини В/Ц Термін тверднення / год.

ОСНОВНИЙ РІВЕНЬ (0)

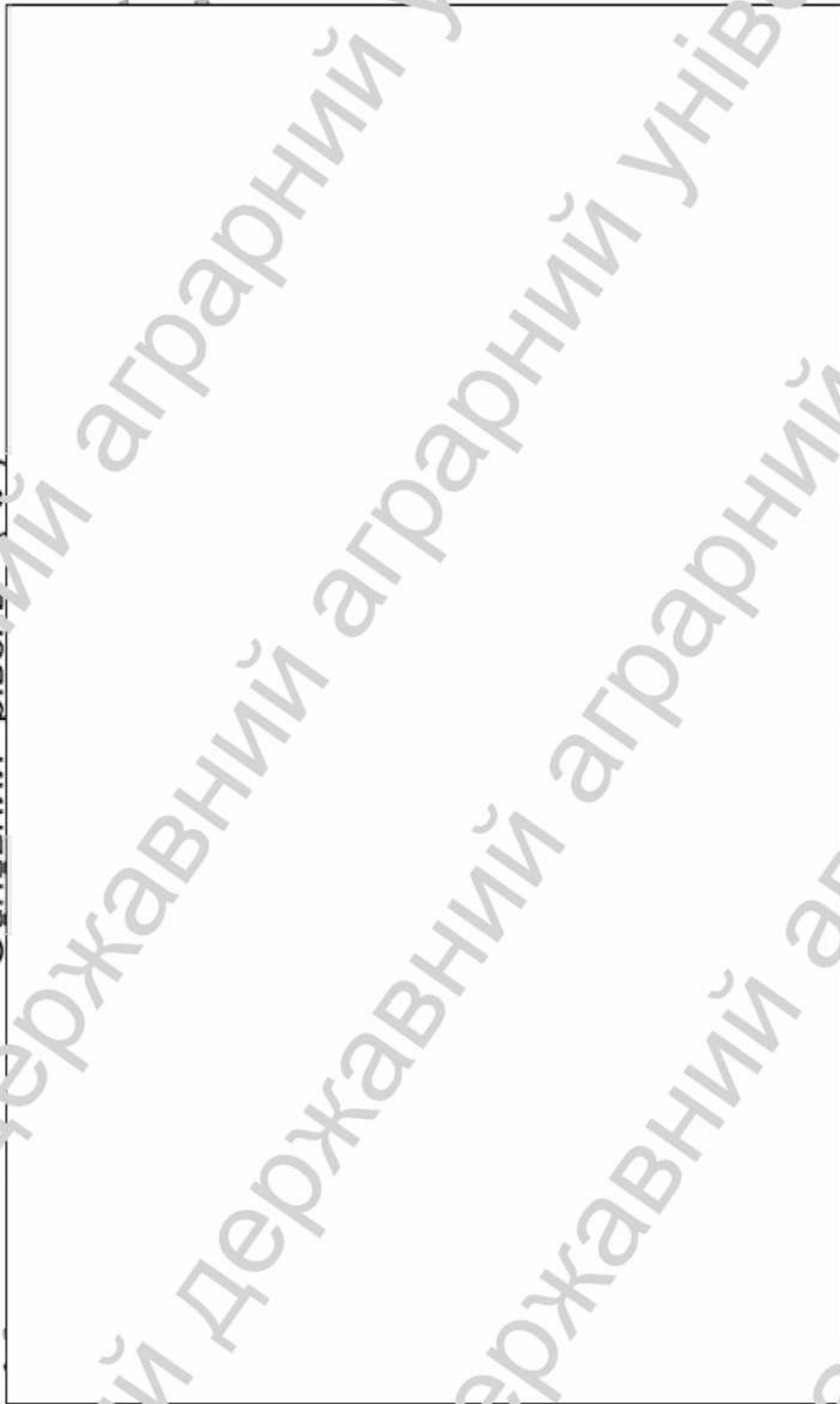


Рис. 5.29 Залежність мішності арболіту від виграли Дефікату і величини ГМ. Термін тверднення 7 діб

Нижній рівень (4)

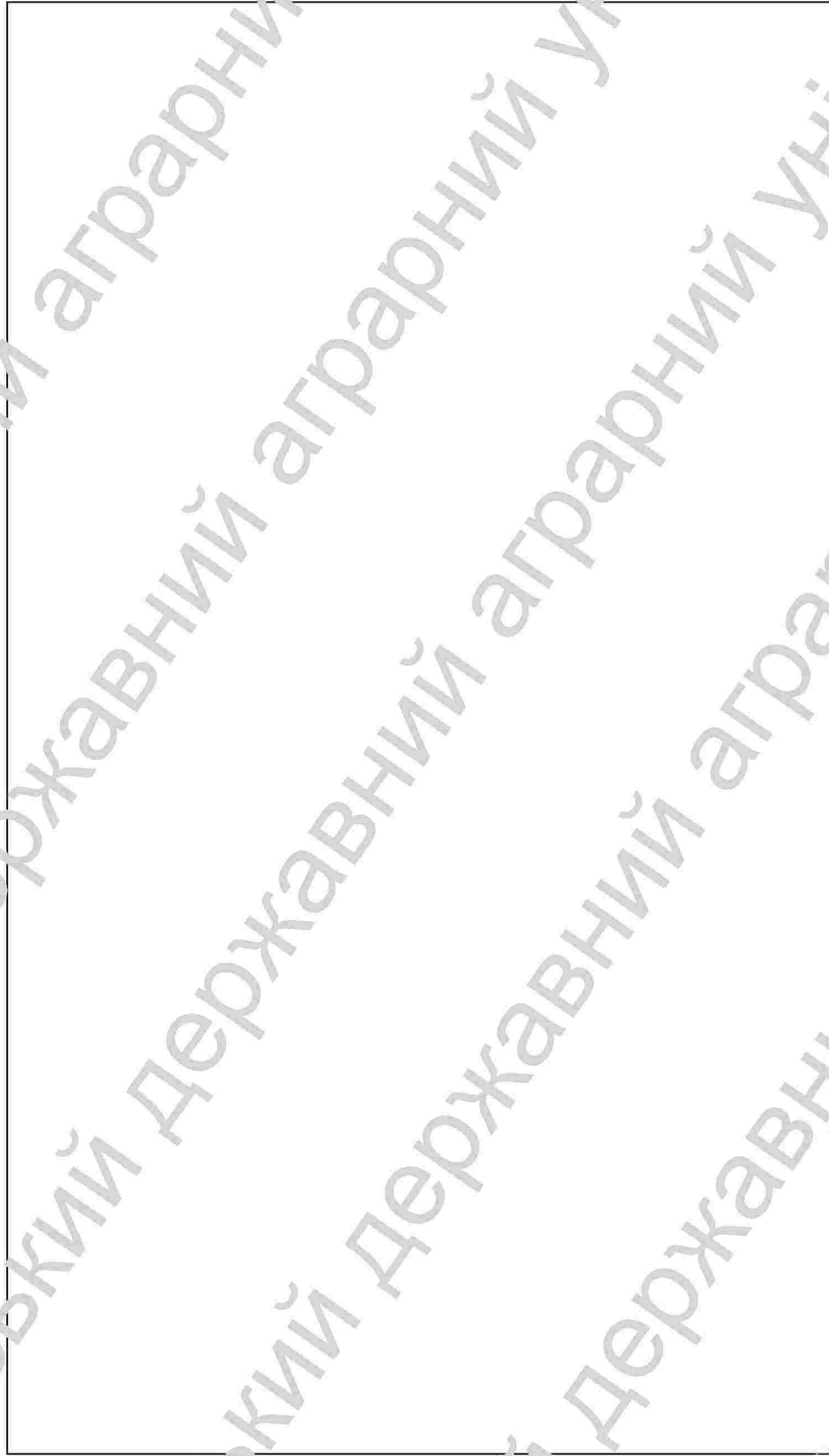


Рис. 5.30 Залежність міцності арбодію від витрати Дефікту величини В/Ц. Термін твердження 7 діб.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

- **Фізичні небезпек:**
 - Робота з обладнанням для подрібнення льону і змішування компонентів може спричинити механічні травми.
 - Небезпека через незахищені рухомі частини машин.
- **Хімічні небезпеки:**
 - Контакт з речовинами (додатками) для виготовлення арболіту може викликати подразнення шкіри або алергічні реакції.
- **Теплові навантаження:**
 - Подрібнення косоги льону утворює органічний пилю, який негативно впливає на органи дихання.
- **Пожежна небезпека:**
 - Льонова костра є легкозаймистим матеріалом, що підвищує ризик виникнення пожежі.

6.2 Заходи охорони праці

6.2.1 Організаційні заходи

- **Інструктаж:** регулярне навчання працівників з питань охорони праці та пожежної безпеки.
- **Медичний контроль:** періодичний огляд працівників для оцінки їхнього стану здоров'я.
- **Режим праці та відпочинку:** дотримання нормативів тривалості робочого часу.

6.2.2 Технічні заходи

- **Встановлення захисних засобів на обладнанні.**
- **Система вентиляції** для видалення пилу та забезпечення чистоти повітря.
- **Пожежна сигналізація та засоби пожежогасіння** (вогнегасники, пісок, пожежні крани).

6.2.3 Використання засобів індивідуального захисту

- **Респіратори** для захисту органів дихання.
- **Захисні окуляри та рукавички** для запобігання контакту з пилом і хімічними речовинами.
- **Спеціальний одяг** із пилозахисними властивостями.

6.3 Вимоги до робочого середовища

- Освітлення: достатній рівень природного та штучного світла.
- Вологість і температура: оптимальні параметри для уникнення займання костюмів льону.
- Зони евакуації: вільний доступ до шляхів евакуації у разі аварійних ситуацій.

6.4 Рекомендації щодо пожежної безпеки

- Зберігання костюмів льону у сухих, провітрюваних приміщеннях подалі від джерел відкритого вогню.
- Регулярна перевірка стану електромереж і заземлення.
- Забезпечення наявності плану евакуації.

6.5 Контроль і моніторинг

- Постійний контроль за станом обладнання.
 - Оцінка якості повітря в зоні роботи.
- Проведення аудитів з додержання охорони праці.

РОЗДІЛ 7

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Підібраний склад конструкційно-теплоізоляційного арболіту класом за міцністю на стиск В2,5 і середньою густиною Д400 у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-271.
2. Підібраний склад теплоізоляційного арболіту класом за міцністю на стиск В0,35 і середньою густиною Д450 у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-271.
3. Розроблена методика визначення насипної густини конструкторського.
4. Для зменшення деформативних властивостей арболіту в процесі його експлуатації, пропонується введення наповнювача-Дабікату.

Висновок та рекомендації

1. Поставлене завдання в роботі виконано. Підібрані склад арболіту класом за міцністю на стиск В2,5 і середньою густиною Д400 та В0,35 і середньою густиною Д450 у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-271.
3. Розроблені склад арболіту доцільно використовувати на малих підприємствах.
4. За міцнісними і теплоізоляційними властивостями арболіт можна використовувати для малоповерхового будівництва та теплоізоляції перекриттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Швець В. В., Слівінський В. В., Козак В. Ю. Технічні особливості використання теплоізоляційних будівельних матеріалів XLIX Науково-технічна конференція, Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegn/all-fbtegn-2020/paper/view/9946>.
2. Надійні й екологічно чисті матеріали для будівництва. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://euroton.ua/knowledge/vigotovlennya-ta-mater%D1%96ali.html>.
3. Стінові блоки і їх види. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: http://aeroc.info/vsi_vydy_budivelnyh_bloki.html.
4. Вид стінових блоків: газобетон, газоблок, пінобетон, блок. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://gazobeton-p.com.ua/vydy-stinovyh-bloki.html>.
5. Арболітові блоки. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://levnovbud.com.ua/ua/?C1C/06/shho-take-arbolit-opilkobeton-arbolitovi-bloki-zastosuvannya-i-xarakteristiki>.
6. Блоки з арболіта: характеристики - вага, щільність, міцність, склад, розміри, переваги і недоліки
<https://1beton.in.ua/vydy-betonu/arbolit/6-bloki-z-arbolita.html>
7. Швець В. В. Застосування арболіту в конструкціях стінових матеріалів / М. Ф. Друкованин, В. В. Швець, Р. Є. Козюк, О. І. Логоша// Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: [Науково-технічний збірник]. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2016. – №1(20). – С. 17-20.
8. Швець В. В., Слівінський В. В., Козак В. Ю. Огляд високотехнологічних енергоефективних стінових матеріалів на прикладі теплоблоку. XLIX Науково-технічна конференція, Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegn/all-fbtegn-2020/paper/view/9946>.

9. Швець В. В., Слівінський Р. В., Козак В. Ю. Огляд сучасних енергоефективних будівельних матеріалів огорожуючих стін будівель. XLIX Науково-технічна конференція, Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9948>.
10. Ліннік Д.С. Підбір складів екобетонів на органічних заповнювачах. Розділ в колективній монографії Сучасні будівельні матеріали та їх технології. / за редакцією О.С. Шишкіна. Кривий Ріг: Валозний В.В., 2017. С.
11. Томчук М. А. Контроль радіоактивності житла в Україні / М. А. Томчук, В. В. Швець, Р. В. Слівінський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: [Науково-технічний збірник] – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2019. – №2(27). – С. 62-67.
12. Shvecz V.V., Slivins'kyj V.V., Kozak V.Yu. Tehnichni osoblyvosti vykorystannya teploizolyacijnyh budivelnnyh materialiv XLIX Naukovo-technichna konferenciya, Vinnytsya, 2020. [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9946>.
13. Najljnj j ekologichno chysti materialy dlya budivnytva [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <https://euroton.ua/knowledges/vigotovlennya-ta-mater%D1%96ali.htm>.
14. Domokeev A.G., Stroytelnye materyaly: [Slovarnyk dlya vuzov na spets. "Strvo"] / A. G. Domokeev. - M. : Vyssh. shkola, 1982. - 383 s.
15. Stinovi bloky i yix vydy. [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: http://aeioc.info/vsi_vydy_budivelnnyh_blokiv.html.
16. Vyd stinovyx blokov gazobeton gazoblok pinobeton blok [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <http://gazobeton-p.com.ua/vydy-stinovyx-blokiv.html>.
17. Plyusy y minusy doma iz arbolyta. [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <http://stroim-shop.ru/plus-minus/doma-iz-arbolita.html>.

18. Arbolitovi bloky. [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <https://kievnovbud.com.ua/ua/2016/06/shho-take-arbolit-opilkobeton-arbolitovi-bloki-zastosuvannya-i-karakteristiki>.
19. Shvecz V. V. Zastosuvannya arbolitu v konstrukciyax stinovykh materialiv / M.F. Drukovanyj V.V. Shvecz R.Ye. Koznyuk O.I. Logosha// Suchasni tekhnologiyi, materialy i konstrukciyi v budivnytstvi. [Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk]. – Vinnytsya: UNIVERSUM-Vinnytsya. – 2016. - #1(20). S. 17-20.
20. Shvecz V.V., Slivins'kyj V.V., Kozak V. Oglyad vysokotekhnologichnyx energoefektyvnyx stinovyx materialiv na prykladi teplobloku. XLIX Naukovo-tekhnichna konferenciya, Vinnytsya, 2020. [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9949>.
21. Shvecz V.V., Slivinskyj V.V., Kozak V. Oglyad suchasnyx energoefektyvnyx budivnykh materialiv ogorodzhuyuchykh stin budivel XLIX Naukovo-tekhnichna konferenciya, Vinnytsya, 2020. [Elektronnyj resurs]. Rezhym dostupu do resursu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9948>.
22. Tomchuk M.A. Kontrol teploaktyvnosti zhytla v Ukraini/ M.A. Tomchuk, V.V. Shvecz', V.V. Slivinskyj // Suchasni tekhnologiyi, materialy i konstrukciyi v budivnytstvi: [Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk] – Vinnytsya: UNIVERSUM-Vinnytsya. – 2019. - #2(27). S. 62-67.
23. Linnik D.S., Slonkevich E.S. Optimization of composition and properties of arbolit concrete on composite gypsum binder. Materialy miznarodnogo naukovotekhnichnogo seminaru «Mizchulovannya i optymizatsiya budivnykh kompozitiv». Odessa: ODAFA, 2017. С. 64-66.
24. Slonkevich E.S., Linnik D.S. Selection and optimization fractional composition of organic filler for arbolite. Materials of the XIII International Scientific practical conference «Fundamental and applied science». England: Sheffield, 2017. Vol.7 pp. 40-42.

25. ДСТУ Б В.2.7-271:2011 Арболіт та вироби з нього. Загальні технічні умови (ГОСТ 19222-84, МОН).
26. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск
27. ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густини, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму
28. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск
29. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками
30. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності
31. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності
32. ДСТУ Б В.2.7-46-2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.