

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

“Допустити до захисту”

Завідувач кафедри БДМБ, канд. техн. наук, професор

_____ Владислав НАСТОЯЩИЙ

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**" Обґрунтування оптимальних параметрів багатошарових плит
перекриття "**

Виконав: здобувач групи БІ-23М-1
спеціальності 192

“Будівництво та цивільна інженерія”

_____ Дмитро Гарбуз
" ____ " _____ 2024 р.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир ЯЦУН
" ____ " _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 рік

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра, циклова комісія Будівельних, дорожніх машин і будівництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

к.т.н. проф. Настоящий В.А.

“ ” 2024 року

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

Гарбузу Дмитру Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Обґрунтування оптимальних параметрів багатошарових плит перекриття

керівник проекту (роботи) доцент Яцун В.В.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 2024 р. №

2. Строк подання студентом роботи “ 1 ” січня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Об'єктом дослідження - багатошарова залізобетонна конструкція покриття будівлі із зовнішніми шарами з конструкційного бетону та теплоізоляційним шаром із легкого бетону низької теплопровідності.

Предметом дослідження - напружено-деформований стан багатошарової залізобетонної конструкції покриття з зовнішніми шарами з конструкційного бетону і теплоізоляційним шаром з легкого бетону.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Науково-дослідницький розділ. 2. Охорона праці.

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

1. Мультимедійна презентація, 14 слайдів (А4), у тому числі 6 креслень (А4):

1. Фасад, генплан, розріз (А4). 2. План 2-4 поверху(А4). 3. План перекриття, план фундаменту(А4). 4. Технологічна карта на влаштування стін(А4). 5. Будгенплан(А4).

6. Сітковий графік (А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науково-дослідницький	доцент Яцун В.В.		
Охорона праці	доцент Скриннік І.О.		

7. Дата видачі завдання 2.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження стану питання	10.09.-15.09.2024	
2	Створення методики проведення випробувань	15.09.-20.09.2024	
3	Проведення натурного експерименту	20.09.-25.09.2024	
4	Аналіз отриманих даних	25.09.-15.10.2024	
5	Розробка заходів з охорони праці	15.10.-18.10.2024	
6	Оформлення альбому документів	18.10.-20.11.2024	

Студент

(підпис)

Гарбуз Д.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Яцун В.В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Виконано узагальнення та аналіз конструктивних рішень огорожувальних конструкцій покриттів будівель різного призначення. Виявлено основні напрями їх удосконалення, що зумовлює розробку нових підходів та методичного забезпечення розрахункового апарату. Одним із перспективних напрямів удосконалення огорожувальних конструкцій покриття є застосування легких низькотеплопровідних бетонів як теплоізоляційний шар багат шарових залізобетонних панелей.

Систематизовано основні технічні вимоги щодо розробки конструктивного рішення панелі покриття та наявності сировинної бази для виробництва місцевих будівельних матеріалів.

Annotation

A generalization and analysis of the structural solutions of the enclosing structures of the coverings of buildings for various purposes has been carried out. The main directions of their improvement have been identified, which necessitates the development of new approaches and methodological support for the calculation apparatus. One of the promising directions for improving the enclosing structures of the covering is the use of lightweight low-thermal conductivity concrete as a thermal insulation layer of multilayer reinforced concrete panels. The main technical requirements for the development of the structural solution of the covering panel and the availability of a raw material base for the production of local building materials have been systematized.

[illegible]

[illegible]

Вступ

Особливістю огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель є забезпечення вимог не тільки щодо міцності, тріщиностійкості та деформативності, але й звукоізоляції, теплоізоляції, антикорозійного та протипожежного захисту. Одним із перспективних напрямів удосконалення огорожувальних конструкцій є використання легкого низькотеплопровідного бетону у внутрішньому шарі та конструкційного бетону у зовнішньому шарі багатошарових залізобетонних конструкцій.

					БЦ 9500. МР			
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Гарбуз				Обґрунтування оптимальних параметрів багатошарових плит перекриття	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Яцун					М	1	
						ЦНТУ Гр. БІ-23М-1		
Н. контр.	Дарієнко							
Затвердив.	Настоящий							

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Особливістю огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель є забезпечення вимог не тільки щодо міцності, тріщиностійкості та деформативності, але й звукоізоляції, теплоізоляції, антикорозійного та протипожежного захисту. Одним із перспективних напрямів удосконалення огорожувальних конструкцій є використання легкого низькотеплопровідного бетону у внутрішньому шарі та конструкційного бетону у зовнішньому шарі багатошарових залізобетонних конструкцій.

У технологічному циклі процесу виготовлення багатошарових залізобетонних конструкцій, при послідовному пошаровому укладанні різних бетонів, між ними утворюється контактний шар у вигляді прикордонного шару за рахунок взаємного проникнення заповнювачів в товщу суміжних бетонних шарів з утворенням цементної монолітної матриці. Контактний шар впливає на характер з'єднання шарів перерізу та на напружено-деформований стан конструкції під навантаженням, і, як наслідок, особливості вибору або розробки методики дослідження та розрахунку. Різні типи зв'язку між шарами багатошарових залізобетонних конструкцій розглянуті авторами в Україні та інших країнах. Однак у більшості досліджень не було враховано вплив технологічних факторів на формування геометричних і фізико-механічних характеристик контактного шару на побудову розрахункових моделей та розробку відповідної методики розрахунку багатошарових залізобетонних конструкцій. Це свідчить про актуальність обраної теми.

Проведення експериментальних досліджень геометричних та фізично-механічних характеристик контактної зони між різними бетонами дозволить врахувати особливості багатошарового перерізу, міцнісні та деформовані

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

характеристики всіх шарів багатошарових залізобетонних конструкцій, і, як наслідок, підвищити точність та якість їх розрахунку та проектування.

Розробці і вдосконаленню методів розрахунку багатошарових конструкцій з різними типами зв'язків присвячені дослідження багатьох вчених.

Результати цих робіт знайшли відображення в наукових працях Андрєєва В.І., Баширова Х. З., Бєляєва А.В., Зуй Н.Ф., Козакова Д.В, Колчунова В.І., Колчунова Вл.І., Король Є.А., Корнєва Н.А., Маїляна Д.Р., Меркулова С.І., Кудрявцева А.А., Пугача Є.М., Пшеничного Г.М., Турусова Р.А., Сапожнікова П.В., Федорова В.С., Федорова Н.В., Харламова С.Л., Харькіна Ю.А., Чиненкова Ю .В., Johan. L та Mattock. Loov RE та Patnaik. AK та інших.

Більшості з цих робіт не розглянуто вплив технології формування контактних шарів між зовнішніми і внутрішнім шарами з різних бетонів. Разом з тим, варіативність технологічних параметрів при виготовленні багатошарових конструкцій визначає особливості побудови розрахункових моделей та методик розрахунку багатошарових залізобетонних конструкцій. Для верифікації основних розрахункових передумов необхідно проведення експериментальних досліджень, що дозволяють визначати геометричні, міцнісні та деформативні характеристики контактної зони та їх вплив на результати розрахунку.

Метою роботи є вдосконалення теоретичних та методологічних основ розрахунку багатошарових залізобетонних покриттів будівель різного призначення з теплоізоляційним шаром з бетону низької теплопровідності та з урахуванням геометричних та фізико-механічних параметрів контактних шарів.

Завдання дослідження:

провести узагальнення та аналіз енергоефективних конструктивних рішень огорожувальних конструкцій покриттів будівель різного призначення;

розробити технічне рішення багатошарового залізобетонного покриття, що відповідає сучасним вимогам з експлуатації та теплоізоляції;

провести експериментальні дослідження геометричних та фізико-механічних характеристик контактних зон, що утворюються при послідовному укладанні

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

бетонних шарів в єдиному технологічному циклі при виготовленні багатошарових конструкцій;

розробити методику розрахунку згинальних багатошарових залізобетонних конструкцій із середнім теплоізоляційним шаром з низькотеплопровідного бетону за першою та другою групою граничних станів з урахуванням геометричних, міцнісних та деформативних характеристик контактних шарів;

провести чисельні дослідження та встановити залежності впливу геометричних та фізико-механічних характеристик контактного шару у багатошарових залізобетонних конструкціях на розрахункові параметри;

провести перевірочні експериментальні дослідження напружено-деформованого стану багатошарових згинальних залізобетонних балок і порівняти результати;

провести оцінку техніко-економічної ефективності застосування багатошарових залізобетонних панелей з використанням внутрішнього шару з низького теплопровідного бетону.

Об'єктом дослідження є багатошарова залізобетонна конструкція покриття будівлі із зовнішніми шарами з конструкційного бетону та теплоізоляційним шаром із легкого бетону низької теплопровідності.

Предметом дослідження є напружено-деформований стан багатошарової залізобетонної конструкції, що згинається, покриття з зовнішніми шарами з конструкційного бетону і теплоізоляційним шаром з легкого бетону низької теплопровідності з урахуванням геометричних і фізико-механічних характеристик контактних шарів.

Методологія та методи досліджень.Методологічною основою роботи послужили праці вітчизняних та зарубіжних авторів у галузі наукових досліджень багатошарових залізобетонних конструкцій за різних умов роботи та експлуатації у різних кліматичних умовах. У ході проведення теоретичних досліджень використовувалися методи аналогії. Методи геометричного та фізико-механічного моделювання, планування експерименту, чисельних та

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

експериментальних досліджень використовувалися при підготовці моделей багатошарових конструкцій для випробувань.

Наукова новизна роботи полягає у розробці модернізованої методики розрахунку багатошарових залізобетонних конструкцій монолітного перерізу урахуванням експериментально встановлених геометричних та фізико-механічних параметрів контактної зони на межі суміжних бетонних шарів та включає наступні основні наукові результати:

побудова наукових гіпотез, розрахункових схем та моделей опору багатошарових залізобетонних конструкцій із зв'язком монолітного перерізу за граничними станами першої та другої груп з урахуванням особливостей утворення контактної зони між зовнішніми та середнім шаром;

встановлені залежності впливу технологічних перерв на зміна міцності зчеплення бетонів суміжних шарів у контактній зоні;

експериментально встановлені геометричні та фізико-механічні параметри контактної зони за різних технологічних режимів виготовлення багатошарових залізобетонних конструкцій;

обґрунтовані результатами чисельних досліджень залежності впливу геометричних, міцнісних та деформативних характеристик бетонних шарів на тріщиноутворення та деформації багатошарових залізобетонних конструкцій з монолітним зв'язком шарів;

обґрунтовані чисельними та експериментальними дослідженнями критерії вибору раціональних параметрів конструктивних рішень багатошарових залізобетонних панелей покриття будівель різного призначення.

Теоретична значущість роботи полягає у розвитку методологічних підходів до розрахунку багатошарових залізобетонних конструкцій з бетонів з різними фізико-механічними характеристиками та монолітним зв'язком шарів з урахуванням варіативних параметрів контактних зон, що утворюються на межі шарів.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Практична значимість одержаних результатів полягає у реалізації розробленої методики для підвищення точності розрахунку та вдосконалення конструктивних рішень енергоефективних багатошарових оргаджуючих обговорені на 10 науково-технічних конференціях.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Мною виконано узагальнення та аналіз конструктивних рішень огорожувальних конструкцій покриттів будівель різного призначення виявлено основні напрями їх удосконалення, що зумовлює розробку нових підходів та методичного забезпечення розрахункового апарату. Одним із перспективних напрямів удосконалення огорожувальних конструкцій покриття є застосування легких низькотеплопровідних бетонів як теплоізоляційний шар багат шарових залізобетонних панелей.

Систематизовано основні технічні вимоги щодо розробки конструктивного рішення панелі покриття та наявності сировинної бази для виробництва місцевих будівельних матеріалів.

Виконаний аналіз проведених експериментальних досліджень та теоретичних розробок виявив необхідність розвитку методологічних основ та розробки методики розрахунку багат шарових залізобетонних конструкцій з монолітним зв'язком шарів з урахуванням утворення контактної зони між суміжними шарами.

Нижче представлені експериментальні дослідження утворення зони контактного шару між шарами за рахунок взаємного проникнення заповнювачів із суміжних бетонних шарів та дослідження фізико-механічних характеристик контактних шарів, які залежать від технологічних режимів виготовлення багат шарової конструкції. контактні шари впливають на напружено-деформований стан та методику розрахунку багат шарових залізобетонних конструкцій. Експериментальні дослідження наведені на зразках тришарових блоків з використанням важкого бетону класу В25 у зовнішніх шарах та полістиролбетону В1 у внутрішньому шарі. Склади масою сумішей бетонів представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад за масою сумішей

Клас бетону	Щільність,	Цемент (М400),	Вода, л	Щебінь вапняко	Пісок 0-2мм,	Гранули пінополі	Х імічні добавки
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	БЦ 9500. ПЗ		Арк.

	кг/м3	кг		вий 0,5-1см, кг	кг	стиролу 2-5мм, дог	SilkRoad SR5000, г
B1	356	330	105	-	-	0,69	710
B25	2376	439	195	1121	621	-	-

Експерименти мікроскопічного дослідження утворення та геометричних характеристик контактної зониміж шарами різних бетонів зовнішніх і внутрішнього шарів проводилися стереоскопічним мікроскопом на тришарових зразках розміром 150х75х10мм (рисунок 1 б) та на зразках розміром 40х20х10мм (рисунок 1в). Було використано два типи зразків, вирізані з кубічних тришарових зразків 150х150х150мм (рисунок 1а). За часом перерви між укладаннями двох суміжних шарів випробування можна розділити 24 зразки на 8 груп часу від 0 до 4 годин.

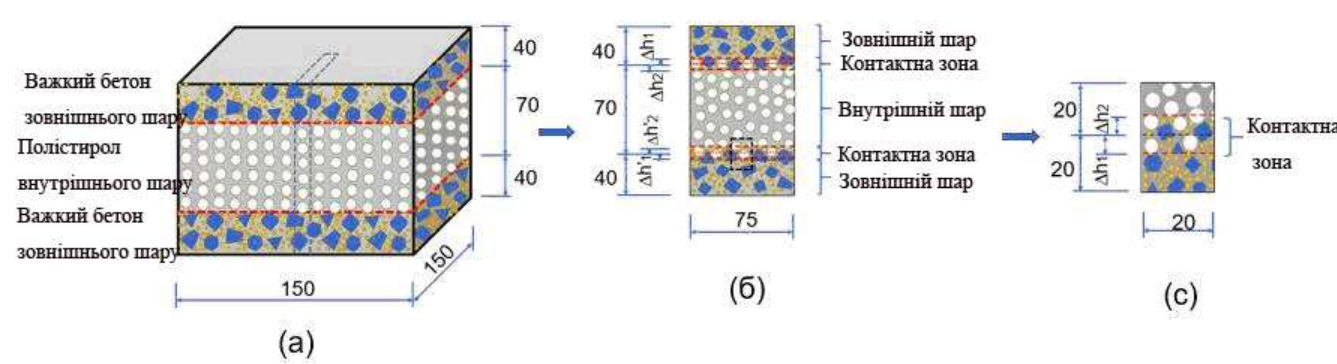


Рисунок 1. Загальний вигляд зразків

Результати експериментів наведено на рисунку 2.

При послідовному укладанні шарів важкого бетону та полістиролбетону з одним тим же сполучним матеріалом, яким є тип цементу, поперечний переріз блоку між шарами різних матеріалів є монолітним. Середня товщина зони склеювання бетону між шарами становить від 0 до 95 мм. Вона залежить від технології виготовлення та часу перерви між укладанням шарів, а також розміру заповнювача важкого бетону та полістиролбетону. Чим коротший час перерви

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

укладання шарів між різними шарами бетону, тим більша товщина зв'язкової зони між існуючими шарами.

За результатами випробувань отримана залежність адгезійної товщини контактних шарів від тимчасової перерви у процесі виготовлення тришарових залізобетонних конструкцій (рисунок 3).

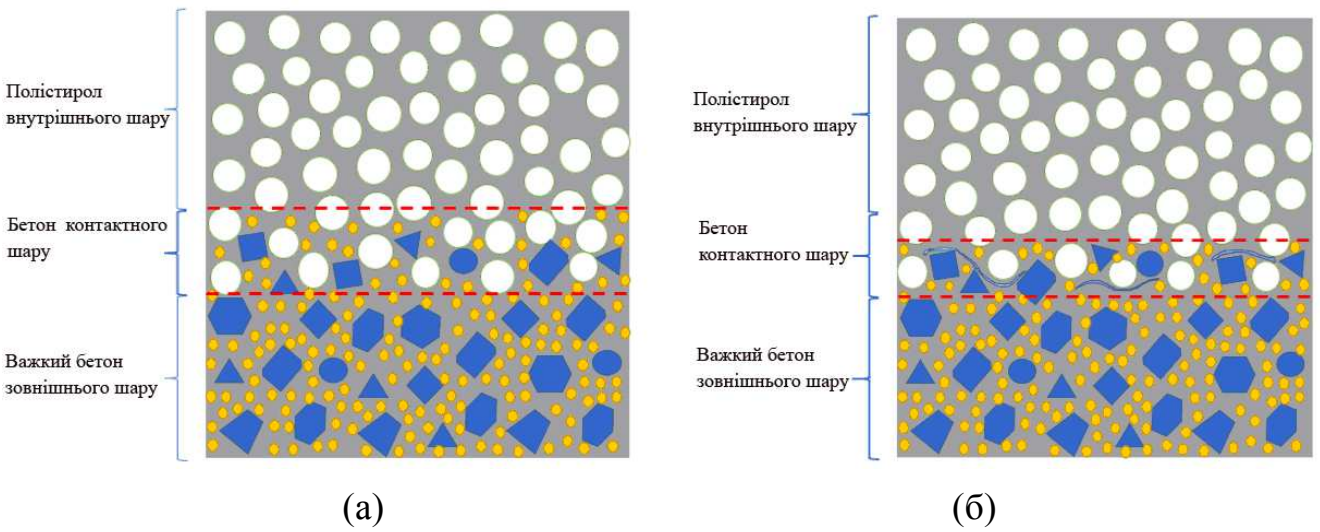


Рисунок 2. Моделювання контактної зони шарів багатошарових залізобетонних конструкцій: а – при перерві у бетонуванні від 0 до 2 годин; б - те ж, від 2 до 4 годин.

При послідовному укладанні шарів важкого бетону та полістиролбетону з одним тим же сполучним матеріалом, яким є тип цементу, поперечний переріз блоку між шарами різних матеріалів є монолітним. Середня товщина зони склеювання бетону між шарами становить від 0 до 95 мм. Вона залежить від технології виготовлення та часу перерви між укладанням шарів, а також розміру заповнювача важкого бетону та полістиролбетону. Чим коротший час перерви укладання шарів між різними шарами бетону, тим більша товщина зв'язкової зони між існуючими шарами.

За результатами випробувань отримана залежність адгезійної товщини контактних шарів від тимчасової перерви у процесі виготовлення тришарових залізобетонних конструкцій (рисунок 3).

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

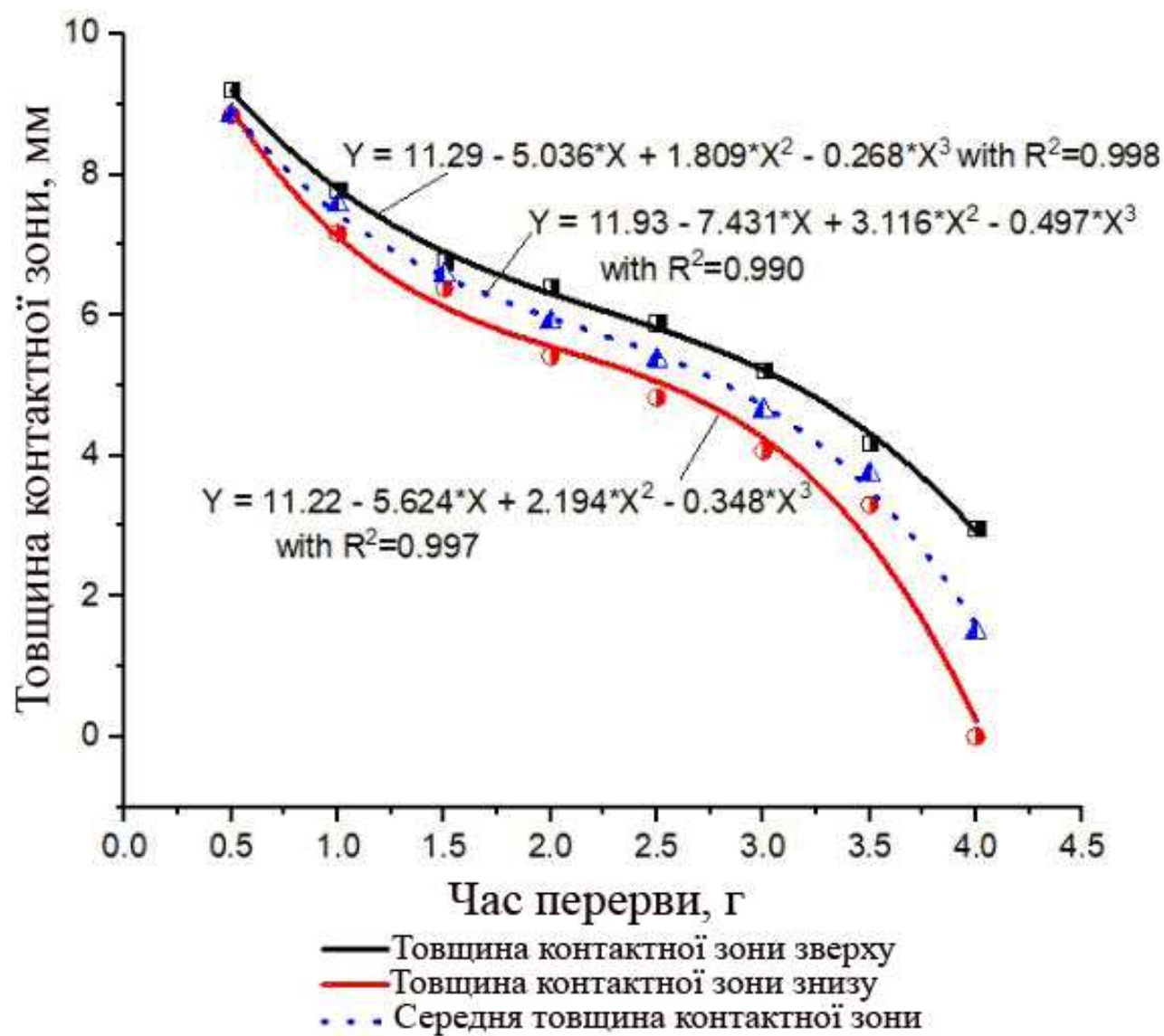


Рисунок3. Залежність контактної товщини зони від часу перерви укладання шарів різних бетонів

Експерименти визначення міцності зчеплення шарів між шарами різних бетонів на розтягування (R_t) при різному часовому інтервалі між укладання окремих шарів проводилися на складових циліндричних зразках розміром 150х300мм. Зразки включають: зовнішній шар товщиною 50 мм з важкого бетону В25 і внутрішній шар товщиною 200 мм з полістиролбетону В1. Зразки були виготовлені у формах з укладанням бетонних сумішей суміжних шарів при різному часі перерви від 0,5 год до 4 годин. Відповідно до нормативних вимог

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

випробування на осьове розтягування проводилося на зразках віку 28 днів за методикою нормативних документів. На рисунку 4 представлено схему випробування на розтяг.

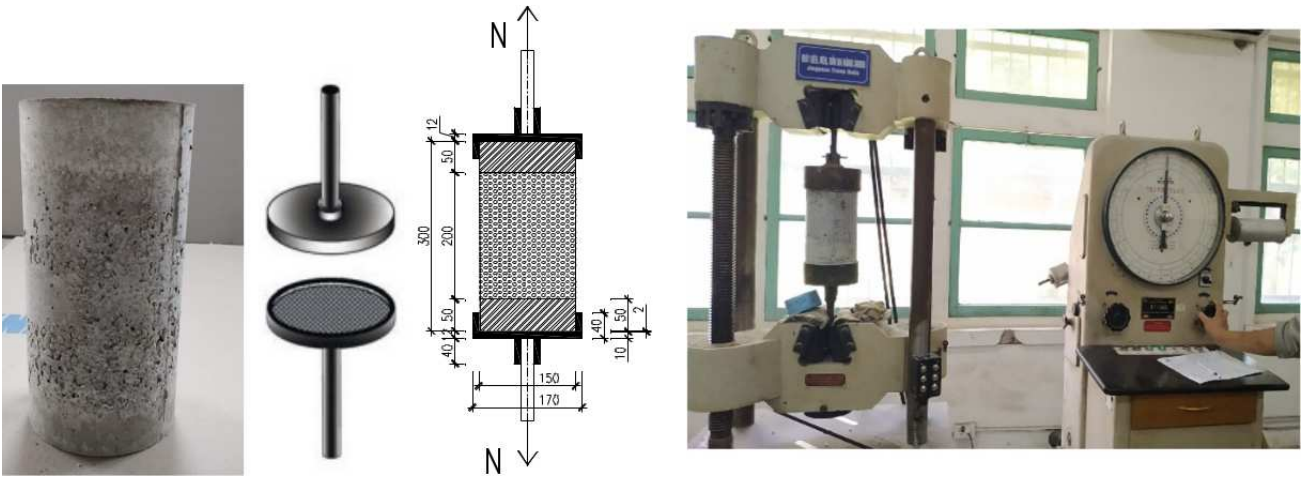


Рисунок 4. Загальний вигляд зразки та схема випробування на розтягування

Результати експериментів (рисунок 5) показують, що при різних часових перервах між укладаннями бетонних сумішей шарів від 0 до 2 годин, руйнування зразків випробувань відбувалося в середньому шарі.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

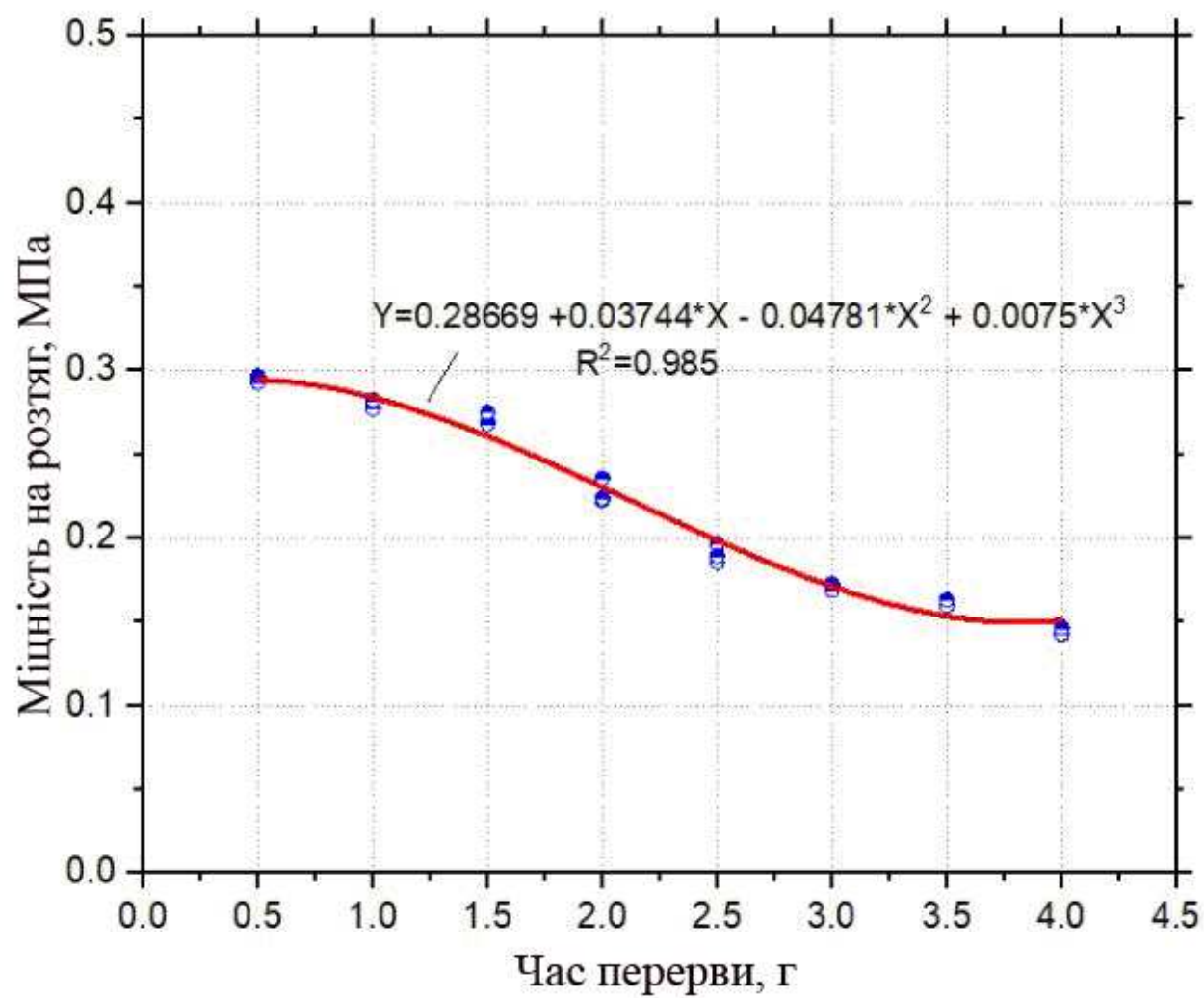


Рисунок 5. Залежність адгезійної міцності зчеплення шарів на розтяг від тимчасової перерви між шарами

При тимчасових перервах понад 2,5 години, руйнування зразків випробувань відбувалося по площині розділу нижнього конструкційного та внутрішнього шарів і значення міцності на розтяг становило більше 20,1%. За результатами випробувань отримано залежність адгезійної міцності шарів на розтяг від тимчасової перерви в процесі виготовлення тришарових залізобетонних конструкцій:

$$f_t = 0,28669 + 0,03744X - 0,04781X^2 + 0,0075X^3, \text{ з } R^2=0,985 \quad (1)$$

Експерименти визначення міцності зчеплення шарів різних бетонів на зсув (R_v) при різних часових перервах між укладаннями шарів проводилися на

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

складових кубічних зразках розміром 200х200х200мм. Випробовані зразки включають: зовнішній шар товщиною 50 мм з важкого бетону В25 і внутрішній шар товщиною 50 мм з полістиролбетону В1 (рисунок 6).

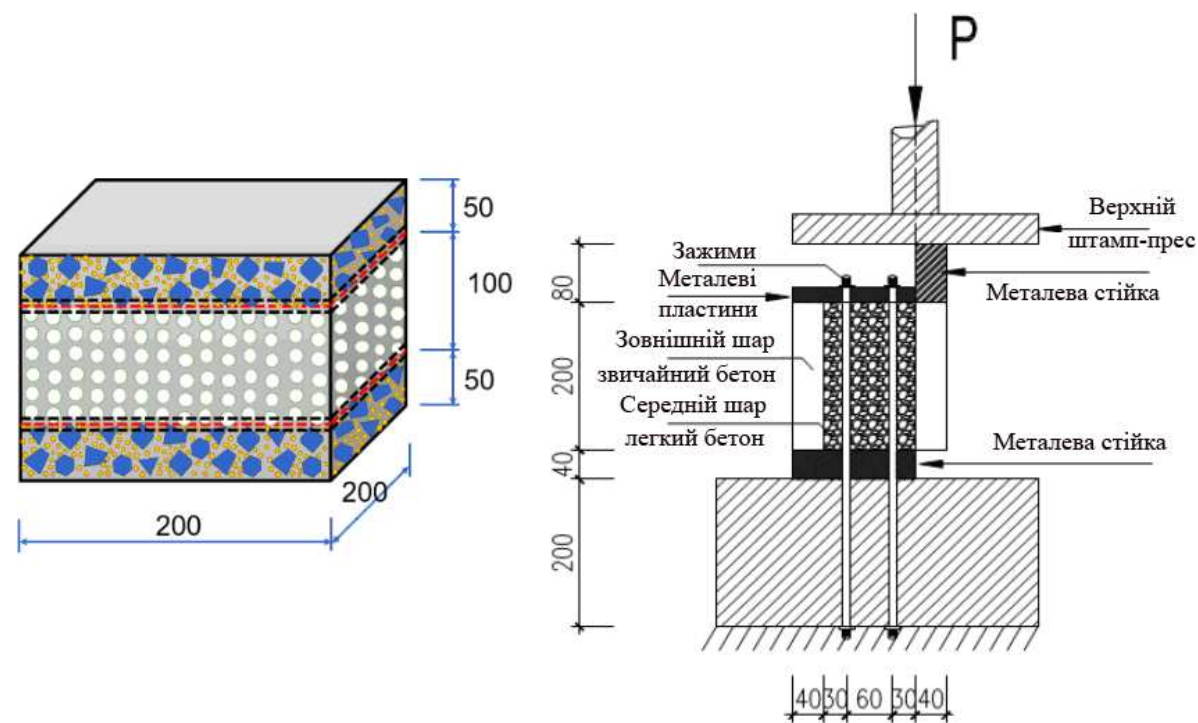


Рисунок 6. Загальний вигляд зразки та схема випробування на зсув
При проведенню дослідженні використано метод випробування Джохла для визначення міцності міжфазного зсуву між шарами бетону (рисунок 6). Моменти в площині зсуву, менші або рівні граничному моменту вигину площини

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

зсуву, не зменшують силу перенесення зсуву. Результати експериментів представлені рисунку 7.

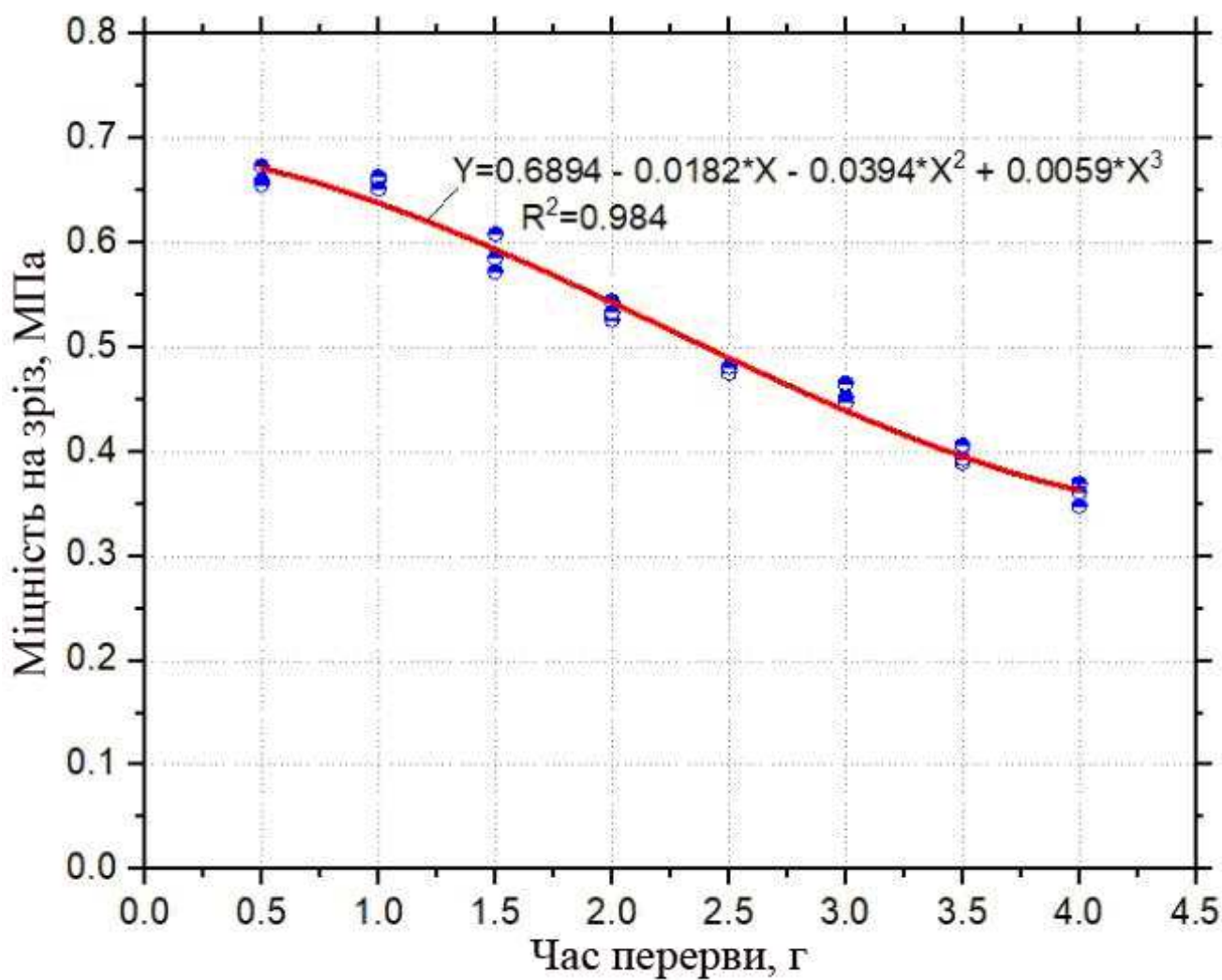


Рисунок 7. Залежності адгезійної міцності шарів на зріз

Результати експериментів показали, що коли між суміжними шарами тимчасова перерва становить менше 2год, руйнування бетонного зразка на зсув відбувається у шарі полістиролбетону. Коли тимчасова перерва між суміжними шарами складає більше 2,5 год, руйнування відбувається по площині зсуву з незначним розширенням полістиролової гранули.

Далі представлено розробку методики розрахунку багат шарових залізобетонних конструкцій, що захищають покриттів з урахуванням впливу

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

контактних шарів. Утворення контактного шару на межі двох видів бетонів у процесі виготовлення багатошарових залізобетонних конструкцій впливає на зміну геометричних та фізико-механічних параметрів та напружено-деформований стан конструкції в цілому. При розрахунку міцності нормальних перерізів міцність бетону контактної зони приймається в діапазоні граничних значень міцностей на стиснення суміжних шарів бетонів.

Запропонована розрахункова схема напруги та деформації тришарової залізобетонної конструкції при лінійному матеріалі представлена рисунку 8.

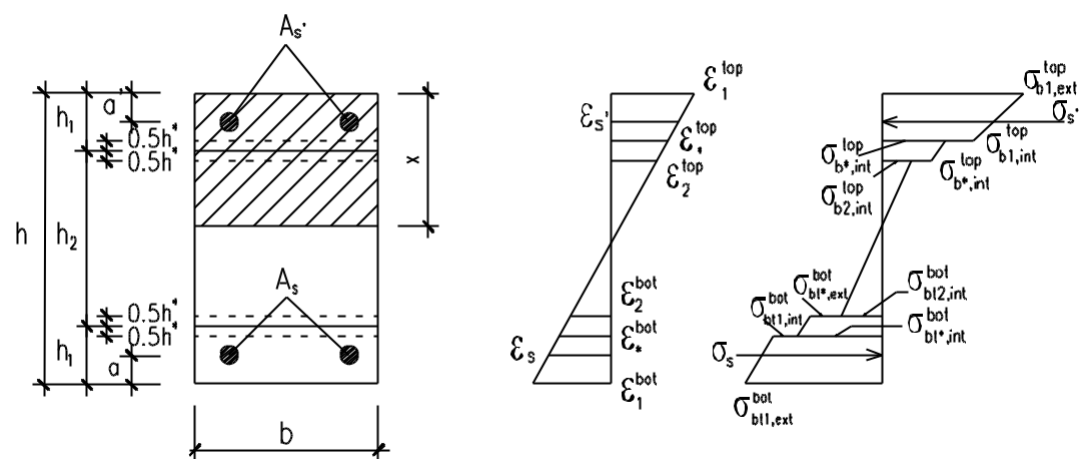
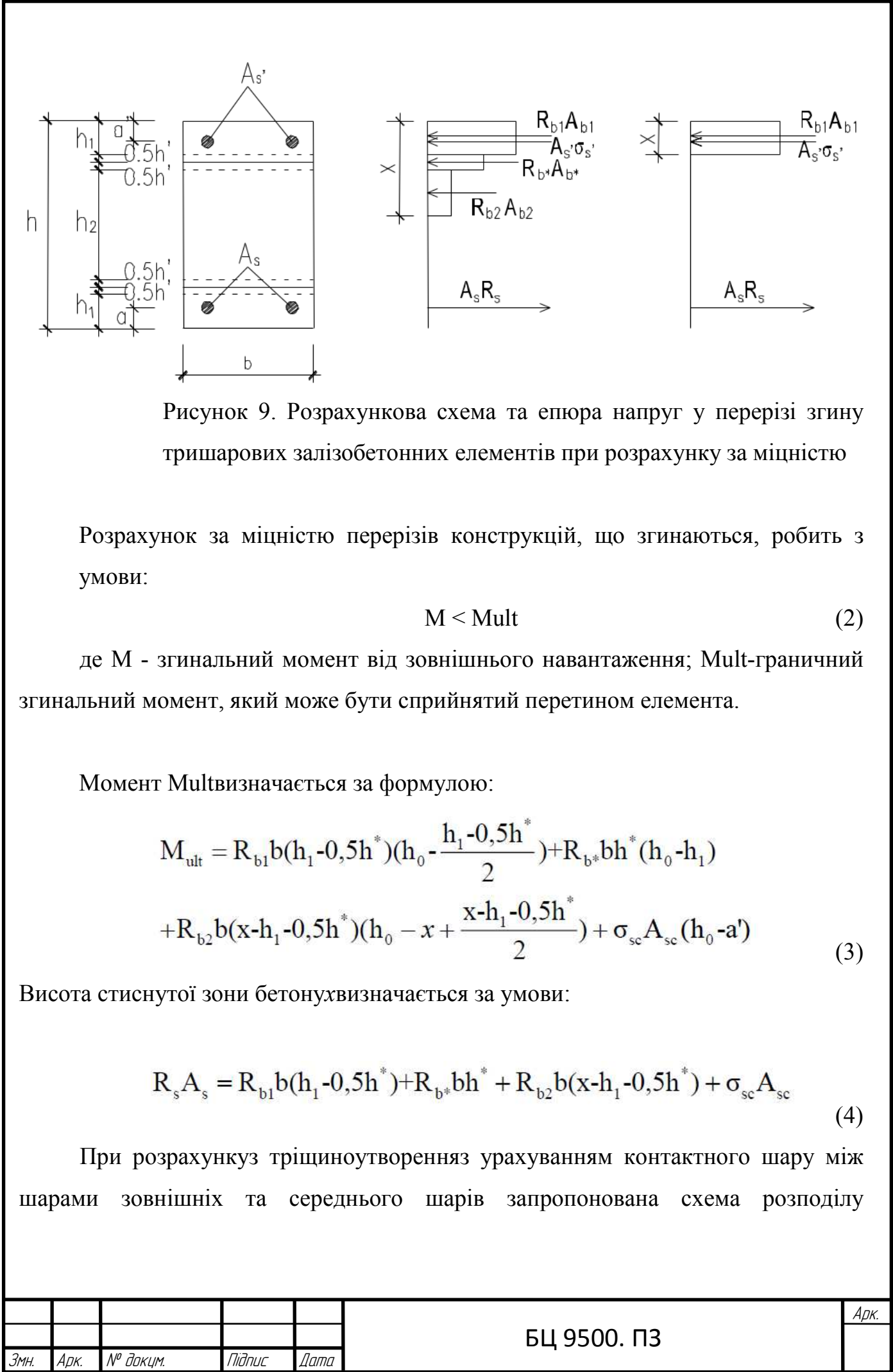


Рисунок 8. Розрахункова схема визначення напруг та деформацій тришарової залізобетонної конструкції з урахуванням контактного шару

Контактний шар між зовнішнім та внутрішнім шарами має властивості та характеристики матеріалу: товщина h^* ; міцність на стиск R_b^* , міцність на розтяг R_{bt}^* та модуль пружності E_b^* .

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



деформацій та напруг у багатошаровому перерізі з монолітним зв'язком шарів на стадії тріщиноутворення (рисунок 10).

Розрахунок міцності та деформативності цих конструкцій до появи тріщин на основі наступних гіпотез: найбільше відносне подовження крайнього розтягнутого волокна бетону і $2R_{bt,ext}/E_{b,ext}$; в зоні розтягування бетону напруги розподіляються рівномірно в кожному шарі, а величина дорівнює осьовому опору розтягуванню бетону зовнішнього та середнього та контактного шарів $R_{bt,ext}$ та $R_{bt,int}$ та R_{bt}^* відповідно.

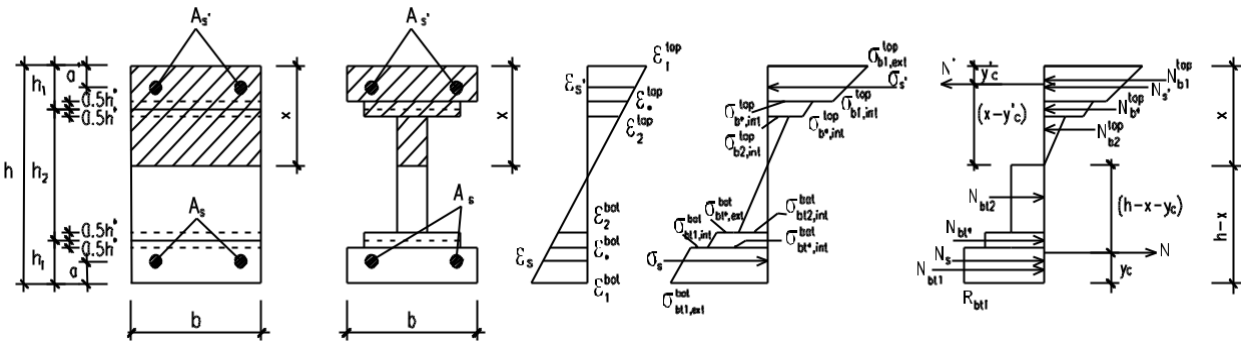


Рисунок 10. Розрахункова схема розподілу деформацій, напружень та зусиль у багатошаровому перерізі при тріщиноутворенні

Отримано рівняння визначення висоти стиснутої зони перед утворенням тріщин, положення рівнодіючих зусиль стиснутої та розтягнутої зон та плече внутрішньої пари сил, а також момент при тріщиноутворенні M_{crs} багатошарових конструкцій, що згинаються.

Момент тріщиноутворення M_{crs} згинальних тришарових елементів, виконаних з різних бетонів, складається з згинальних моментів, що сприймаються розтягнутою зоною, включаючи арматуру:

Розрахунок за деформаціями згинальних тришарових елементів з урахуванням контактного шару. Повний прогин багатошарових залізобетонних елементів складається з прогинів, зумовлених деформацією вигину та деформацією зсуву. Форма та розміри поперечного перерізу враховуються введеною характеристикою коефіцієнта k , що визначається за формулою.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Розроблена методика розрахунку дозволяє встановити два розрахункові випадки: перший, коли вплив контактного шару незначно через його малу товщину, і другий, коли контактний шар співмірний, хоча б з одним з основних шарів конструкції та враховується у розрахунку з відповідними міцнісними та деформативними характеристиками.

Верифікація розрахункових параметрів визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій покриттів у нормативних документах виявила відмінності у значеннях коефіцієнтів тепловіддачі зовнішньої поверхні та внутрішньої конструкції, що впливає результати розрахунку.

Представлені чисельні та експериментальні дослідження впливу геометричних та фізико-механічних параметрів бетонних шарів на тріщиностійкість та деформації багатошарових залізобетонних елементів, що згинаються.

У цьому дослідженні з використанням теорії планування експерименту та розробленої методики розрахунку конструкцій проведено аналіз впливу різних факторів на тріщиностійкість та прогини згинальних тришарових залізобетонних конструкцій з факторами та параметрами, показаними в таблиці 2.

Таблиця 2. Рівні факторів і інтервали варіювання

Фактори	Рівень факторів			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
X1 (h1) – товщина зовнішнього шару, см	4	8	12	4
X2 (h2) – товщина внутрішнього шару, см	9	13	17	4

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

X3 (R1) – міцність на стиск Rb1, МПА	8	12,5	17	4,5
X4 (R2) – міцність на стиск Rb2, МПА	0,4	1,2	2	0,8
X5(%As/b.h0)) – відсоток арматури	0,1	0,35	0,6	0,25

В дослідженні розглядаються згинальні тришарові залізобетонні конструкції шириною b=200 мм, висотою h (мм) та довжиною l=3000 мм.

За результатами аналізу отримані рівняння (5) і (6) взаємозв'язок між моментом та прогином при тріщиноутворенні багатошарових залізобетонних балок з наступними параметрами: товщина зовнішнього шару h1товщина внутрішнього шару h2, міцність на стиск зовнішнього шару Rb1(виходячи від співвідношення міцності бетону на вигин Rbt1) та внутрішнього шару Rb2(виходячи від співвідношення міцності на вигин Rbt2) та відсотки використовуваної арматури.

$$Y=4,8757 + 2,7714x_1 + 0,9728x_2 + 1,0297x_3 + 0,287x_4 + 0,1498x_5 + 0,3528x_1x_2 + 0,6225x_1x_3 + 0,0675x_1x_4 + 0,00703x_1x_5 + 0,1726x_2x_3 + 0,1302x_2x_4 + 0,0776x_1x_2x_3 \tag{5}$$

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y=0,698-0,1083x_1-0,0364x_2+0,0534x_3-0,0519x_4+0,0088x_5+0,0547x_1x_2-0,0486x_1x_4-0,0185x_2x_4-0,0177x_3x_4-0,0153x_1x_2x_4 \quad (6)$$

Результати чисельних досліджень для розробленого базового конструктивного рішення зразків тришарової залізобетонної балки шириною $b=200$ мм, висотою $h=250$ мм і довжиною $l=3000$ мм, із зовнішнім шаром із бетону класу В25 та із внутрішнім шаром із полістиролбетону класу В1 показали, що відмінності моменту тріщиноутворення за запропонованою методикою з урахуванням контактного шару та без урахування контактного шару становлять до 4,25% (рисунок 11)

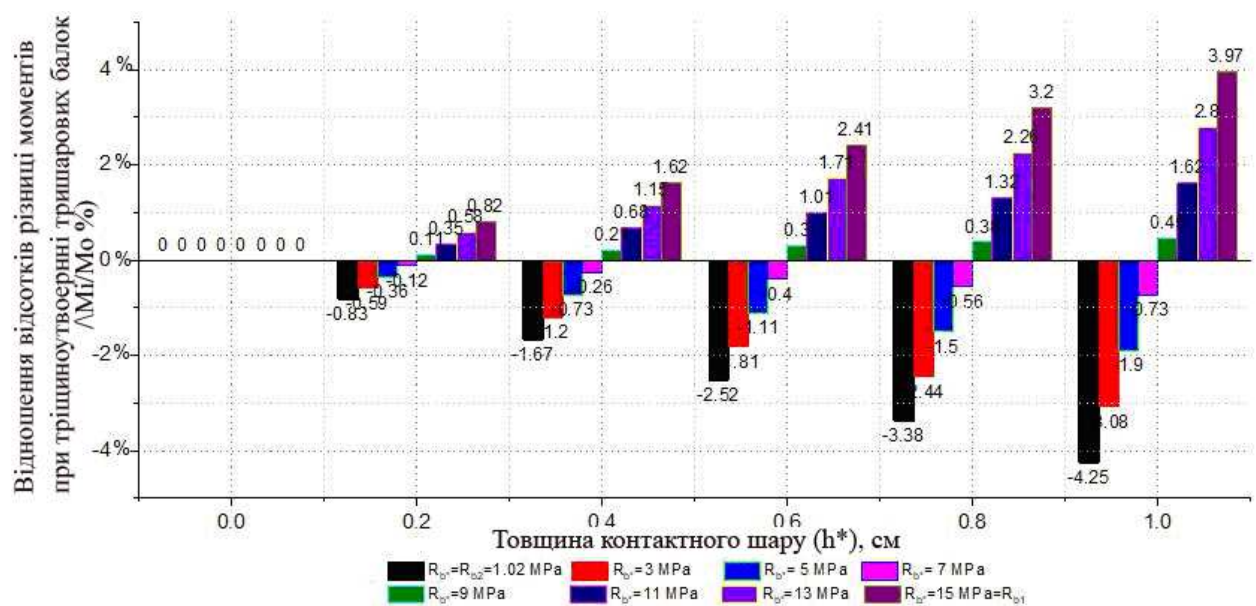


Рисунок 11. Зміна моменту тріщиноутворення при різній товщині та міцності контактної шару

Товщина та фізико-механічні характеристики бетону контактної шару впливають на напружено-деформаційний стан багатошарових залізобетонних балок під навантаженням. При часі перерви укладання шарів різних бетонів менше 2 год, товщина контактної шару між шарами різних міцностей становить від 4 мм до 10 мм, при зміні модуля пружності

полістиролбетону від 500 МПа до 2100 МПа, значення моменту тріщиноутворення багатошарових залізобетонних конструкцій збільшується від 2 % (рисунок 12). У цьому випадку рекомендується враховувати вплив контактного шару на здатність багатошарових залізобетонних балок.

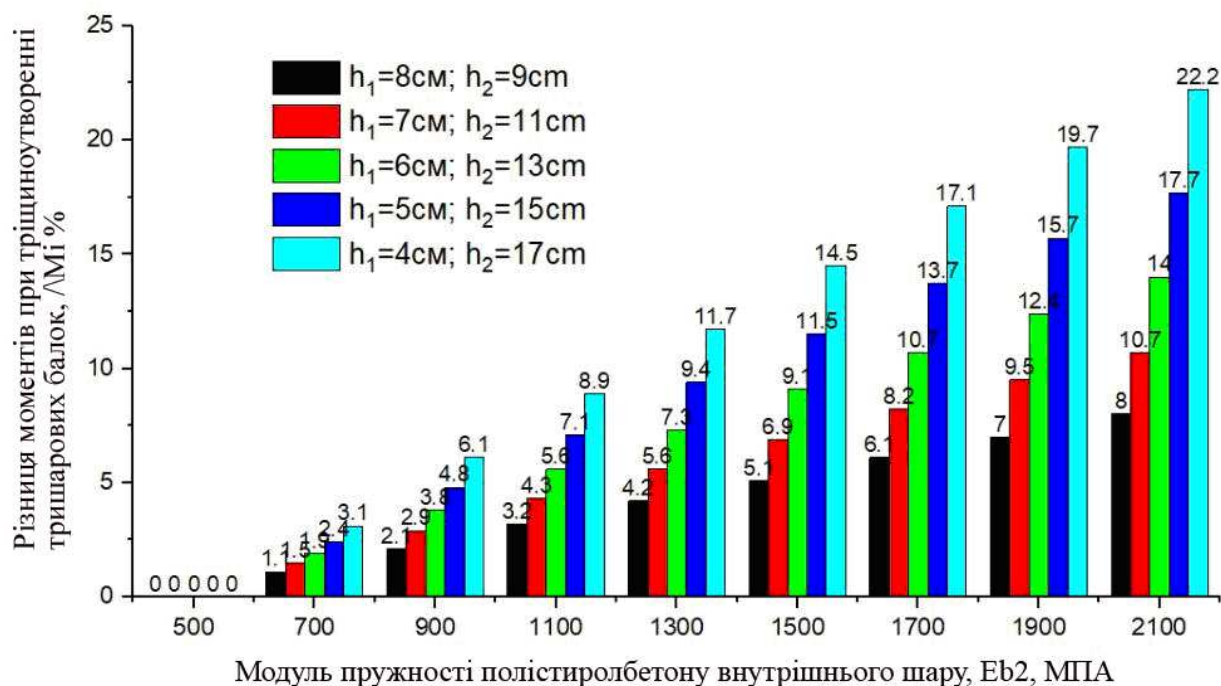


Рисунок 12. Різниці моменту тріщиноутворення балок Мсгс при зміні товщини та модуля полістиролбетону внутрішнього шару

У інших випадках, при часі перерви укладання шарів різних бетонів більше 2 год, товщина контактної шару становить від 0 мм до 4 мм або значення міцності бетону контактної шару $R_b^* = 0,5 (R_{b1} + R_{b2})$, контактний шар між шарами незначно впливає на здатність цього типу конструкції, що несе, під впливом навантаження і може не враховуватися в розрахунках багатошарових залізобетонних конструкцій.

Коли товщина та властивості полістиролбетону середнього шару не змінюються, товщина зовнішнього шару варіюється 4 - 8 см, модуль

пружності бетону зовнішнього шару змінюється від 21500 МПа до 32500 МПа, момент тріщиноутворення може збільшитися в 2,4 рази (рисунок 13).

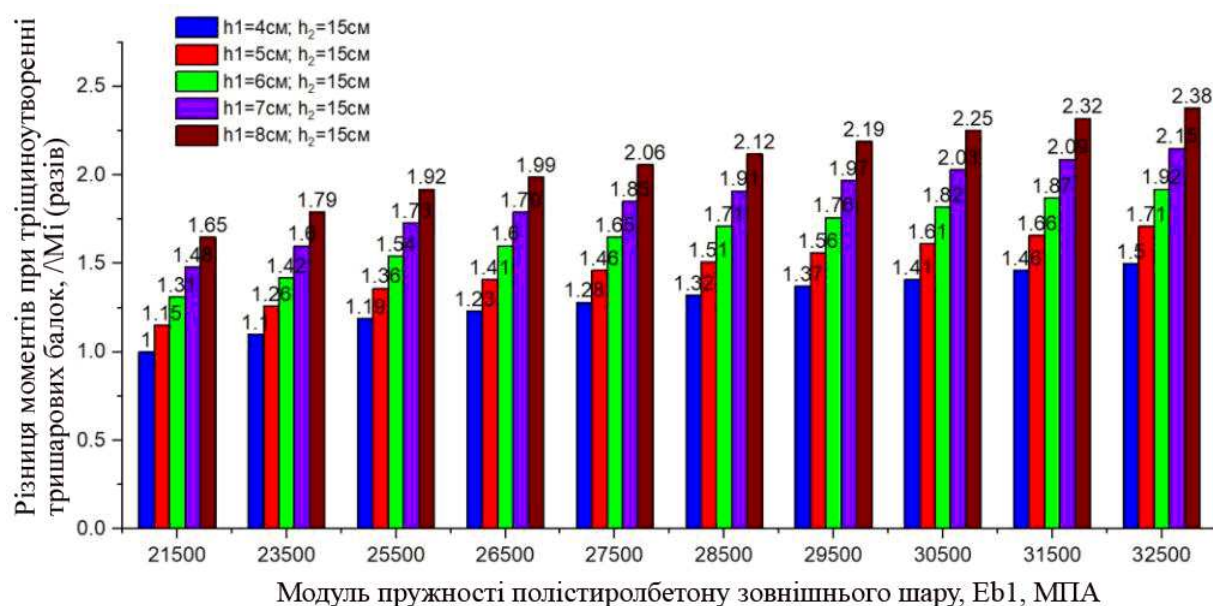


Рисунок 13. Відносна відмінність моменту тріщиноутворення балок M_{cr} при зміні товщини та модуля конструкційного бетону зовнішнього шару

Результати аналізу розрахунку прогинів багатошарових залізобетонних балок від вигину, зсуву та сумарного прогину показали, що прогин багатошарових залізобетонних балок з урахуванням контактного шару зменшується порівняно з результатом розрахунку без нього до 19,1% при товщині контактного шару 0 - 1 см та модулі пружності від E_{b2} до E_{b1} (рисунок 14).

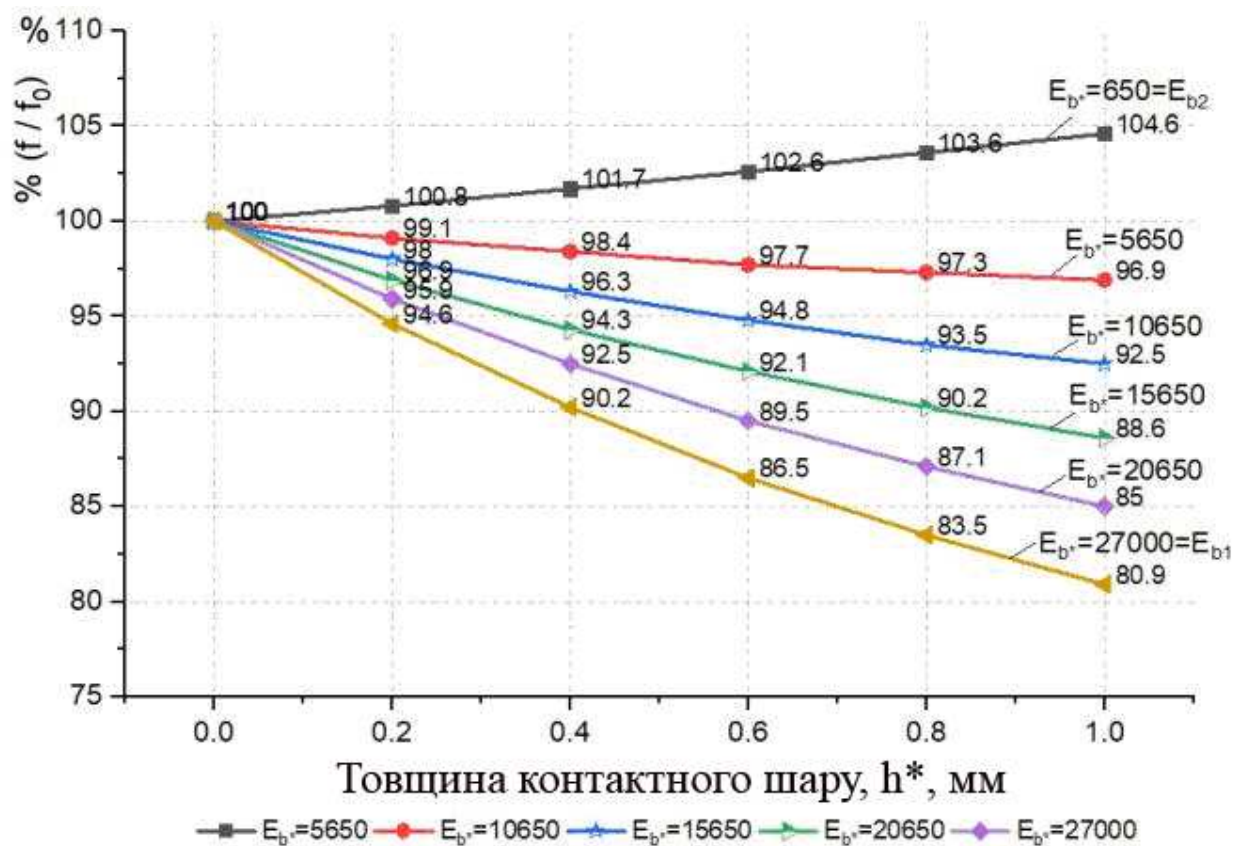


Рисунок 14. Різниця між прогинами (f) тришарової залізобетонної балки з урахуванням та без урахування контактного шару між шарами

Експериментальні дослідження тришарових залізобетонних балок на вигин проведені на 3 зразках тришарових залізобетонних балок завдовжки 2200 мм, шириною 200 мм та висотою 200 мм.

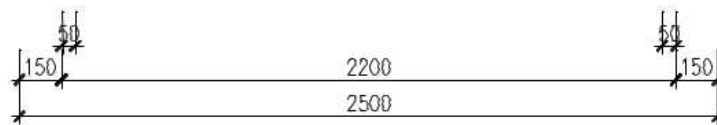
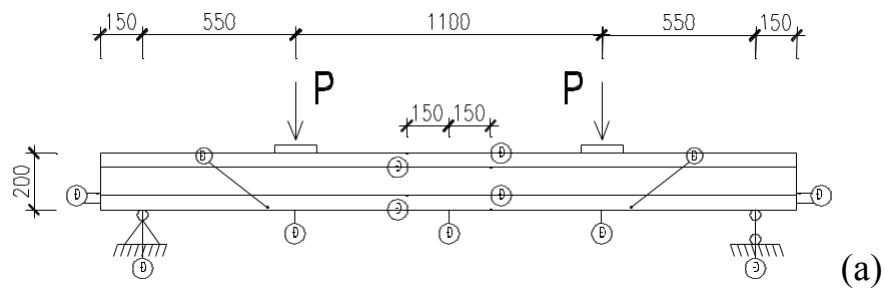


Рисунок 15. Схема випробування (а) та загальний вигляд зразків (б)

Балки включають: полістиролбетонний шар В1 товщиною 100мм для внутрішнього шару і важкий бетон класу В25 товщиною 50мм для зовнішнього шару (рисунок 15). Арматура використана діаметром 8 мм. Отримані результати випробування представлені у таблицях 3 та 4.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3. Порівняння експериментальних та розрахункових моментів при тріщиноутворенні

No	Шифр балкових зразків	Випроб	Момент утворення тріщин, кН·м			За запропонованою схемою
			Середні значення випробувань	За схемою прийдених перерізів	За схемою без урахування контактного шару	
1	В-1	4.72		4.35	4.652	4.667
2	В-2	4.75	4.76	4.35	4.652	4.668
3	В-3	4.81		4.35	4.652	4.668

Момент тріщиноутворення, отриманий за запропонованою методикою, ближче співвідноситься з експериментальними (до 2,62%) результатами ніж результати, отримані з використанням наведеного перерізу з однорідних матеріалів.

Таблиця 4. Порівняння експериментальних та розрахункових моментів руйнування

No	Шифр балкових зразків	Згинальний момент руйнування, кН·м					
		Експ.	Середні значення екс.	За схемою наведених перерізів (СП		За запропонованою схемою з урахуванням контактного шару	
				Розрахунок при напругах в арматурі, рівних			
				1,2σ _y	σ _u	1,2σ _y	σ _u
1	B-1	9.25	9.55	8.43	9.92	8.48	9.94
2	B-2	9.56					
3	B-3	9.84					

Отримані результати дослідження показали, що здатність експериментальних балок при навантаженні виявилася більшою, ніж теоретична на 11,02% (з розрахунком при напругах в арматурі, рівних 1,2 σ_y) і менше, ніж теоретична на 4,19% (при напругах в арматурі, рівних σ_{ci}), що зумовлює рекомендувати використовувати зазначені коефіцієнти для забезпечення безпеки.

Дослідження тришарових залізобетонних плитних елементів

До програми експерименту входило випробування 16-ти тришарових залізобетонних плитних елементів. 12 зразків виготовлялися зі звичайною (ненапруженою) арматурою і 4-е – з попередньо напруженою арматурою.

Дослідні зразки мали такі розміри: перетин 24x20 см, довжина $l=300$ см.

Змінними факторами в експерименті були:

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

відсоток армування $\mu=0,58\%$; $0,39\%$ та $0,19\%$;

крок поперечної арматури $S = 6; 10$ см. дослідних тришарових залізобетонних плитах зовнішні шари виконувалися з важкого бетону класу B40, а середній шар - з керамзитобетону, що самоущільнюється, класу B15.

Для армування дослідних зразків застосовувалася стрижнева гарячекатана арматура періодичного профілю класу A800 діаметром 10 мм. Вона встановлювалась у нижньому шарі бетону (hn). У верхньому шарі (hv) від торців елементів до місць застосування навантаження розташовувалися два стрижні діаметром 5 мм з арматури класу B500, торцеві ділянки плит армувалися зварними сітками. Усі досвідчені елементи, як переднапружені, так і ненапружені, мали поперечне армування у вигляді зварних хомутів з кроком 6 і 10 см. Сітки та хомути виготовлялися зі стрижнів діаметром 5 мм класу B500.

Під час відпустки переднапруги вимірювалися вигин та поздовжні деформації арматури та бетону в торцях та посередині елемента за допомогою індикаторів з базою 40 см. Після відпустки напруги та до випробування зовнішнім навантаженням вимірювання деформацій тривали.

Випробування зразків проводилися на стенді, навантаження подавалося 25-тонним гідравлічним домкратом. Тришарові зразки завантажувалися ступенями по 10% від розрахункового руйнівного навантаження з витримкою по 15 хвилин.

Деформації арматури та легкого бетону замірялися за допомогою індикаторів на базі 40 см. Деформації зсуву визначалися за допомогою індикаторів з ціною розподілу 0,001 мм, встановлених по торцях елементів на середині шару легкого бетону та на рівні робочої арматури. У процесі випробування фіксувалися момент утворення тріщин та ширина їх розкриття.

Також розроблено склади самоущільнювального керамзитобетону класу за міцністю B12,5 – B20 марки за середньою густиною D1400 з витратою цементу, що не перевищує середньостатистичні значення для

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

бетонів. Пропонований керамзитобетон, що самоущільнюється, дозволить знизити масу залізобетонних тришарових перекриттів до 30%. Межа призмінної міцності LWA бетонів не нижче значень $= 0,8 \cdot$.

Співвідношення призменної і кубикової міцності керамзитобетонів, що самоущільнюються, дещо перевищує значення співвідношення $R_{b,n}/B$ нормативне.

Співвідношення міцностей на розтяг і стиснення керамзитобетону, що самоущільнюється, в принципі відповідає середньостатистичним даним для легких бетонів. З залежності між міцністю бетону на розтягування та стиск можна отримати нормативне значення (при коефіцієнті варіації міцності 0,16) , $= 0,165 \cdot 0,66$.

Керамзитобетон, що самоущільнюється, на дрібному пористому заповнювачі за співвідношенням міцності на осьовий розтяг і стиск відповідає нормованим значенням, у зв'язку з чим, при розрахунку конструкцій з використанням величини R_{btII} коригування не потрібно.

Для керамзитобетону в діапазоні міцності від 15 до 30 МПа межа міцності на зріз буде вищою за межу міцності на вигин. Для важкого бетону із вищою міцністю ця закономірність зберігається. У зв'язку з цим руйнування багат шарового елемента, що включає важкий бетон і керамзитобетон, при повному зчепленні між бетонами відбуватиметься по керамзитобетону та визначатиметься величиною його міцності. При варіюванні величини зчеплення між керамзитобетоном, що самоущільнюється, і важким бетоном можливі інші випадки руйнування.

Інформація про властивості керамзитобетону та результати визначення зчеплення представлена в таблиці 5.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5. Результати випробувань складового зразка

№	Середня щільність суміші/бетону] , кг/м ³	Межа міцності керамзитобетону ⁶ , МПа		Зчеплення важкого та керамзитобетону Rbond(характер руйнування) ⁷	R5cut	Rbond —— Rbond, E
		на стиск	на осьові розтягування			
1	1445/1300	21,3	1,59	1,782(2)	2,91	0,53
2	1440/1295	19,2	1,74	1,422(3)	2,89	0,42
3	1475/1320	21,2	1,62	2,02(2,3)	2,93	0,6
4	1495/1340	21,2	1,81	1,522(2,3)	3,1	0,45
5	1460/1310	22,3	1,82	1,362(2,3)	3,18	0,41
6а	1445/1230	24,5	1,72	2,082(3)	3,24	0,62
6б				3,363(1)		—— 1,0
6в				3,894(1,3)		1,16
7	1540/1290	17,6	1,38	1,872(3)	2,47	0,56
8	1515/1350	25,1	1,94	1,52(3)	3,49	0,45

Примітка: 1 – у сухому стані; 2 – вік важкого бетону 3 місяці;

3 – одночасне бетонування; 4 – вік важкого бетону 1 доба; 5 – за формулою $0,5 \cdot \sqrt{\cdot}$; 6– вік керамзитобетону 28 діб; 7 – (1) – тріщина по керамзитобетону; 2 – по зоні
зчеплення та керамзитобетону; 3 – по зоні зчеплення

=

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Співвідношення між величиною адгезії керамзитобетону до важкого зрілого бетону та межею міцності на зріз становило 0,67.

LWA бетон рівня навантаження 0,8 характеризується практично лінійною залежністю «напруги – деформації». Діаграма "напруги-деформації" самоущільнюється керамзитобетону задовільно описується відомою формулою Саржина.

Для бетонів, поданих у таблиці, величина k становить від 1,18 до 1,67.

Величина k знижується при зменшенні середньої щільності керамзитобетону, що самоущільнюється, тобто зі збільшенням його пористості. У досліджених складах відмінність пористості пов'язана з різним змістом залученого повітря, цю пористість називатимемо «повітряною». Як відомо, «повітряні» пори можуть відігравати роль «пасток» для мікротріщин, що формуються у структурі бетону. Збільшення кількості «повітряних» пір гальмує процес мікротріщиноутворення, сприяючи тим самим покращенню пружних властивостей бетону, що проявляється у зниженні величини коефіцієнта k .

Вочевидь, що з аналітичного описи залежності початкового модуля пружності межі призменної міцності найбільше підходить формула Деллоса і Пау. Більш точно значення початкового модуля пружності досліджених бетонів можуть бути визначені за формулою:

$$E_0 = k \cdot (3600 \cdot \ln(R_{pr}) + 290) \quad (6)$$

де коефіцієнт k враховує вплив особливостей структури бетону та добавок.

Явна залежність між величинами $R_{та}$ і $b_{в}$ відсутня. Очевидно, що значення величини $b_{в}$ доцільно приймати рівним $300 \cdot 10^{-5}$.

Коефіцієнт пружності LWA бетонів при рівні навантаження 0,7 і 0,8 мало залежить від об'ємної концентрації пористого заповнювача і перевищує значення 0,85, а у складу S-Ц1, LWA перевищує значення 0,94,

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

що свідчить про незначну величину непружних деформацій аж до вказаних рівнів навантаження. Як відомо, такі бетони добре працюють при циклічних навантаженнях, що вигідно відрізняє їх від важкого важкого бетону.

Далі наведено напружений стан елементів до застосування зовнішнього навантаження.

Загальний рівень обтиснення σ_{bp}/R_{bp} дослідних зразках становив 0,128 - 0,321. У момент відпустки переднапруження тріщин у верхньому шарі (h_b) не спостерігалось. У зразках із відсотками армування $\mu = 0,58\%$; $0,39\%$; $0,19\%$ попередня напруга в арматурних стрижнях становила відповідно $\sigma_{0,2/3}$; $\sigma_{0,2/2}$ та $\sigma_{0,2}$.

Формула визначення втрат попередньої напруги від швидконатікаючої повзучості, усадки та тривалої повзучості бетону за дослідними даними, має такий вигляд:

$$\sigma_{\ell os}^{exp} = (\varepsilon_t - \varepsilon_{el,t}) E'_s - \sigma_1^{exp} \quad (7)$$

де $\varepsilon_{el,t} = \frac{\sigma_{bp}}{E_{bp}};$

$$\sigma_{bp} = \frac{P}{A_{red}} \pm \frac{P \ell_{op}}{J_{red}} y_o \quad (8)$$

$$P = (\varepsilon_o - \varepsilon_t) A_s \quad (9)$$

Де – E деформація бетону в момент часу t з початку обтиснення;

σ_{bp} -напруга в бетоні при обтисканні з урахуванням розвитку непружних деформацій;

P залишкове зусилля обтиснення за вирахуванням втрат, що проявилися на момент часу;

E_{bp} модуль пружності бетону на момент обтискання.

Дослідні значення втрат переднапруги від швидкоплинної повзучості були невеликими, оскільки рівень обтиснення бетону становив менше 0,3 .

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

За таких рівнів обтиснення розрахункові за формулами норм дає завищені значення втрат.

Спостерігалось два види руйнування: викол бетону стиснутої зони та розрив розтягнутої арматури з наступним виколом стисненого бетону у тому перерізі.

Напруження в розтягнутій арматурі при руйнуванні елементів перевищували умовну межу плинності. Викіл бетону стиснутої зони відбувався у чотирьох зразках, армованих двома переднапруженими стрижнями ($\mu = 0,39\%$). Розрив розтягнутої арматури мав місце у шести зразках з одним стрижнем ($\mu = 0,19\%$).

Встановлено, що найбільша дотична напруга виникає на ділянках без тріщин на рівні нейтральної лінії. Якщо дотичні напруги перевищують опір зрізу бетону середнього шару, відбувається зсув, тобто. втрата несучої здатності горизонтального перерізу.

Варіювання кроком поперечної арматури ($s = 6-10$ см) впливу на величину зовнішнього навантаження, що викликає зсув, не робить.

Встановлено, що найбільші прогини від поперечної сили виникають у тришарових заздалегідь напружених елементах, так як довжина їх приопорних ділянок, що працюють без тріщин, і, отже, відносна висота стиснутої зони більша, ніж у ненапружених.

Аналіз впливу різних факторів на несучу здатність та деформації тришарових згинальних залізобетонних елементів, виконаний за результатами фізичних експериментів показав, що рівень обтиснення та коефіцієнт армування впливу на несучу здатність по горизонтальному перерізу практично не надають.

Виведемо формулу для визначення дотичних напруг у тришаровому перерізі. Спочатку наведемо тришаровий перетин до одношарового через коефіцієнт. Отримаємо перетин у формі двотавра.

Загальна формула дотичних напруг має такий вигляд:

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$\tau = \frac{Q}{J_{red} \varphi_{b1} b_y} \int_{y_0}^x y dA_b \quad (10)$$

де J_{red} – момент інерції наведеного перерізу щодо нейтральної осі;

$b(y)$ – ширина перерізу на відстані від нейтральної осі.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При визначенні дотичних напруг у межах полиці $b(y) = b$, в межах ребра $b(y) =$.

Користуючись формулою $\sigma = Q$, визначимо дотичні напруги у різних точках за висотою тришарового перерізу, наведеного до двотаврового. У загальній формулі (6) змінюватимуться лише підінтегральний вираз та $b(y)$.

Виведемо формули дотичних напруг:

точці 1 - $b(y) = b; y_0 = x$
 $\sigma_1 = 0$;

у точці 2 - $b(y) = b; y_0 = x - h_1$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{J_{\varphi 1}} h_1(x - 0.5 h_1); \quad (11)$$

у точці 3 - $b(y) =$; $y_0 = x - h_1$

$$\sigma_3 = \frac{Q}{J_{\varphi 1}} h_1(x - 0.5 h_1); \quad (12)$$

у точці 4 - $b(y) =$; $y_0 = 0$

$$\sigma_4 = \frac{Q}{J_{\varphi 1}} [h_1(x - 0.5 h_1) + 0.5 (x - h_1)^2]; \quad (13)$$

Ці залежності дозволяють розрахувати дотичні напруги в найбільш характерних точках тришарового перерізу за умови, що воно приведено до двотаврового і нейтральна лінія знаходиться в ребрі. У разі коли нейтральна лінія знаходиться в полиці, для знаходження дотичних напруг необхідно розробити формулу визначення максимальної напруги.

При цьому $b(y) = b; \sigma = 1$.

$$\frac{Q h_2}{2 J_{\varphi 1}} < \frac{Q h_2}{2 J_{\varphi 1}} \quad (14)$$

В результаті маємо формули (11) - (13), використовуючи які, можна визначити дотичні напруги в залізобетонних конструкціях, що згинаються тришаровим перетином на стадіях роботи до появи тріщин, при цьому враховується положення нейтральної лінії в шарах перерізу.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Для виведення формул визначення дотичних напруг у перерізах з тріщинами, наведемо тришаровий перетин до одношарового двотаврового для випадку роботи перетину з тріщинами.

При визначенні прогинів залізобетонних конструкцій, що згинаються, необхідно враховувати вплив поперечних сил. багат шарових залізобетонних плитних конструкціях виникають значні деформації зсуву, які необхідно враховувати при розрахунку прогинів.

Якщо на елементарному майданчику виділити діагональ, то вона подовжуватиметься при перекосі елемента, що викликано двома факторами: дотичною напругою - і відносним зрушенням ΔS .

Для уточнення формули, що визначає деформації зсуву, та встановлення залежності між модулем зсуву G та дотичними напругами τ був проведений експеримент, під час якого було виготовлено і випробувано на короткочасне стиск 6 призм розміром 15x15x60 см і на зріз 6 елементів розмірами 15x15x30 см. Всі зразки виконувались з керамзитобетону, що самоущільнюється, міцністю 10-12 МПа.

При випробуванні призм було знайдено поперечні та поздовжні деформації. За цим відношенням обчислювався коефіцієнт Пуассона ν , в середньому він дорівнював 0,18, а потім, маючи модуль пружності, обчислювався модуль зсуву G .

У ході випробувань на зріз фіксувалися зрізне зусилля P та абсолютне зрушення ΔS . За результатами випробувань визначався опір легкого бетону зрізу τ , і будувалася залежність $\tau - \Delta S$.

Використовуючи початковий модуль зсуву G , визначений на рівні нормальних напруг σ , $\sigma = 0,3$ і залежність $\tau - \Delta S$ на початковій пружної стадії (коли $\sigma = 0,3 \sigma_{\text{п}}(\sigma)$), можна обчислити січний модуль зсуву.

Було отримано формули для визначення деформацій зсуву в тришарових згинальних залізобетонних елементах в стадіях роботи без

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

тріщин і з тріщинами, що враховують за допомогою коефіцієнта λ зміна модуля зсуву залежно від рівня дотичних напруг.

Було наведено пропозиції щодо розрахунку тришарових плит з врахуванням повних трансформованих діаграм деформування бетону. Представляло інтерес дослідним шляхом визначити епюри поздовжніх деформацій поперечних перерізів багатошарових конструкцій на різній відстані від перерізу з тріщиною.

Як правило в елементах, що згинаються (крім випадків чистого вигину, що зустрічаються вкрай рідко) при заданому тріщиноутворюючому зусиллі утворюється одна тріщина в найбільш напруженому перерізі. Після чого на відстані зони анкерування ℓ від перерізу з тріщиною відбувається зминання бетону на контактній поверхні з арматурою та усунення частини бетонного перерізу щодо арматури. За межами цієї ділянки зміщення не відбувається і тому перерізи залишаються плоскими. У межах цієї ділянки лінійність епюр поздовжньої деформації в перерізах порушується, так як перерізи викривляються. При цьому помітний вплив зсуву спостерігається лише в деякій частині перерізу і залежить від величини усунення. Враховуючи, що значення зміщення спадають за певним законом від максимального значення (у перерізі з тріщиною) до нуля в кінці зони активного зчеплення, то зменшуватиметься від λ до нуля.

Епюру поздовжніх деформацій будь-якого перерізу, що знаходиться на відстані менше від перерізу з тріщиною, можна уявити з двох частин. У першій спостерігається лінійний розподіл деформацій за висотою перерізу – λ , там відсутня вплив зміщення. У другій – умовно лінійний розподіл деформацій за висотою λ , в якій спостерігається помітний вплив зміщення.

При роботі залізобетонного елемента з однією тріщиною у найбільш напруженому середньому перерізі величина λ , яка характеризує зону активного зчеплення арматури з бетоном (зону анкерування), по обидва боки перерізу з

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

тріщиною буде однаковим, тому і зміщення вліво та вправо від перерізу із тріщиною будуть однаковими.

Точка перетину розтягнутої арматури з площиною перерізу з тріщиною залишається в тій же площині. Частина перерізу із тріщиною (за висотою —) залишатиметься плоскою. Що ж до зони , то через розкриття тріщин, точки, що належать бетону цієї зони "виходять" з поверхні. Таким чином, комплексний переріз, що складається з бетону зони — та розтягнутої арматури не депланується.

Для всіх перерізів без тріщин, перевіряється умова досягнення екстремуму функції. Якщо ця умова виконується, то нових тріщин у розтягнутій зоні елемента немає.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. МЕТОДИКА ВИГОТОВЛЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПЛИТ

Розроблено єдину методику виготовлення багатошарових плит серії 1 та 2, що забезпечує ефективну взаємодію трьох шарів різного бетону в конструкції.

Процес виготовлення багатошарових плит серії 1 та 2 відбувається у такій послідовності:

1. Підготовка металевої форми для опалубки: очищення, змащування та складання.
2. Розмітка шарів за висотою опалубки.
3. Укладання арматурної сітки з фіксацією захисного шару арматури та підйомних петель.
4. Укладання нижнього шару з важкого бетону.
5. Ущільнення важкого бетону нижнього шару. Плити марок БП-1.1...БП-2.6, виготовлені в лабораторії, ущільнювали вручну за допомогою штикування, тоді як плити П-2.1 та П-2.2 виготовлялися на заводі з ущільненням на вібростолі.
6. Через 30 хвилин після укладання нижнього шару з важкого бетону, укладається середній шар з керамзитобетону для плит марок БП-1.1...БП-2.6 та П-2.1 та П-2.2. Для плит марок П-2.3 та П-2.4 середнім шаром є вкладиші з газобетону, попередньо армовані поліпропіленовим волокном, які укладаються поверх нижнього шару. Кожна з цих плит містить чотири вкладиші розміром 990х990 мм.
7. У плитах марок БП-1.1...БП-1.6 та П-2.1 і П-2.2 верхній шар з важкого бетону укладається через 30 хвилин після укладання середнього шару з керамзитобетону. У плитах марок П-2.3 та П-2.4 верхній шар укладається одразу після встановлення середнього шару з газобетонних вкладишів.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

8. Через 28 днів твердіння плит в нормальних умовах вологості та температури проводиться розбирання опалубки.



Рисунок 16 – Бетонування багатошарових плит: а) укладка нижнього шару з важкого бетону в плиті марки БП-1.1; б) укладка середнього шару з керамзитобетону в плиті марки БП-1.1; в) укладка верхнього шару з важкого бетону в плиті марки БП-1.1; г) формування кубів і призм.

Паралельно з виготовленням плит проводилося бетонування зразків кубів розміром 150×150 мм та призм розмірами 100×100×400 мм і 150×150×600 мм для визначення реальних фізико-механічних характеристик

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

бетонних матеріалів (рис. 1, г). Зразки кубів і призм тверділи в тих самих вологісно-температурних умовах, що й дослідні зразки плит.

Методика виготовлення монококових керамзитобетонних плит із пустотоутворюючими вставками

З метою забезпечення високої якості виготовлення плит серії 3 була розроблена відповідна методика, що гарантує дотримання проектних геометричних розмірів. Виготовлення керамзитобетонних плит серії 3 з вставками з пінополістиролу проводилося у такій послідовності:

1. Підготовка опалубної форми: очищення, змащування та збірка.
2. Розмітка висоти опалубки.
3. Укладання нижньої арматурної сітки С4 та каркасів КР-1 і КР-2 з дотриманням відповідних захисних шарів бетону (рис. 17, а).
4. Виготовлення керамзитобетону у змішувачі за заводською технологією.
5. Укладання нижнього шару керамзитобетону товщиною 30 мм та його ущільнення на вібростолі (рис. 17, б).
6. Через 30 хвилин після укладання нижнього шару проводилося укладання пустотоутворюючих вставок з пінополістиролу та їх фіксація до робочої арматури (рис. 17, в). Після цього встановлювалася верхня арматурна сітка у проектне положення (рис. 17, г).
7. Укладання верхнього шару керамзитобетону та його ущільнення поверхневим вібратором з подальшим загладжуванням поверхні плит (рис. 17, д).

Твердіння плит відбувалося у цеху заводу в нормальному температурно-вологісному режимі, а через 28 днів проводилася розбирання опалубки плит та їх складування (рис. 17, ж).

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

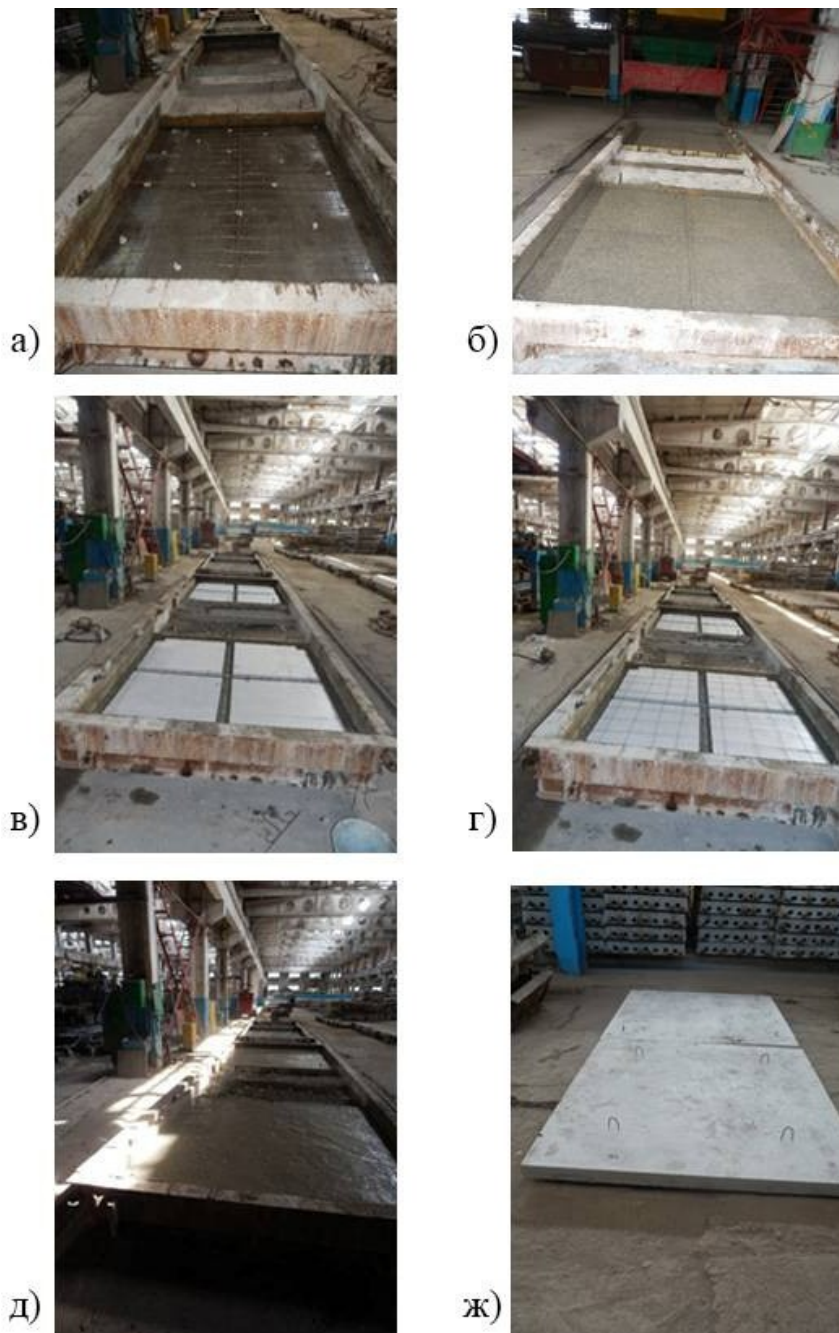


Рисунок 17 – Етапи виготовлення монолітних керамзитобетонних

плит з пустотоутворюючими вставками:

а) укладання нижньої арматурної сітки та каркасів;

б) укладання нижнього шару керамзитобетону;

в) укладання вставок з пінополістиролу та їх фіксація до робочої арматури;

г) укладання верхньої арматурної сітки;

д) укладання верхнього шару керамзитобетону та загладжування поверхні

плит; ж) готові вироби.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Одночасно з виготовленням плит проводилося бетонування зразків кубів розміром 100×100 мм та призм розміром $100 \times 100 \times 400$ мм для визначення реальних фізико-механічних характеристик бетону. Зразки кубів і призм твердили в тих же вологісно-температурних умовах, що й дослідні зразки плит.

Методика дослідження балочних плит на згин під дією короткочасного навантаження

Згідно з програмою експериментальних досліджень, для визначення несучої здатності та деформативності виготовлених експериментальних балочних багатошарових плит було проведено випробування зразків серії 1 марок БП-1.1...БП-1.6. Випробування здійснювалося на згин під короткочасним навантаженням за методикою, оснований на попередніх дослідженнях.

Після зачистки поверхонь плит проводилася розмітка місць для тензорезисторів та індикаторів, після чого встановлювалися прилади відповідно до розробленої схеми. Для запобігання місцевому зминанню бетону в точках опори балочних плит використовувалися розподільчі сталеві пластини.

Завантаження плит здійснювалося рівномірно розподіленням навантаженням, яке прикладалося до верхньої поверхні тришарової балочної плити. Для цього була розроблена система розподільчих траверс на рухомих і нерухомих опорах, через які навантаження від гідравлічного домкрату потужністю 15 тонн передавалося на плиту через сталеві пластини розміром 100×100 мм, що укладалися на шар цементно-піщаного розчину.

Навантаження від гідравлічного пресу прикладали ступенями по 0,3 кН, витримуючи паузу в 15 хвилин після кожного етапу. З цієї кількості 10 хвилин відводилося на зняття показів з приладів, а 5 хвилин — під час зняття показів. Значення зусилля контролювали зразковим динамометром, а для

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

самоперевірки під однією зі сторін дослідної плити були встановлені два додаткові динамометри — Д-1 та Д-2. Перед початком випробувань проводили тарування всіх динамометрів.

Прогини дослідних плит вимірювали за допомогою чотирьох годинникових індикаторів з ціною поділки 0,01 мм. Два індикатори (І-3 та І-4) були встановлені на опорах, а два індикатори (І-1 та І-2) підводили до нижньої грані плити в середині прольоту з обох сторін. Для підвищення точності вимірювань між індикаторами та зразком плити використовувалися скляні пластини на клею. Індикатори були закріплені до поверхні дослідної плити на металевих штативах.

Деформації бетону на верхній і нижній гранях, а також по боковій поверхні в зоні дії максимального згинального моменту вимірювали електричними тензорезисторами з базою 50 мм. Тензорезистори Т2...Т6 та Т8...Т12 наклеювалися по висоті перерізу на бокових гранях бетонної плити. Тензорезистори Т1 та Т7 розміщувалися у зоні розтягу на крайніх стержнях арматури для визначення деформацій розтягу. Покази тензорезисторів знімалися за допомогою електричного вимірювача деформацій АИД-4М та комутуючого пристрою.

Випробування зразків кубів та призм проводилося на пресу 2ПГ-100, причому призми досліджувалися ступенями, що становили 10% від величини руйнуючого навантаження (рис. 18). Деформації бетону призми вимірювалися на її гранях за допомогою мікроіндикаторів з ціною поділки 0,001 мм, які встановлювалися на базі 150 або 100 мм, залежно від розміру призми. Початковий модуль пружності визначався як середнє арифметичне за результатами дослідження трьох зразків.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		



Рисунок 18 – Випробування бетонних кубів



Рисунок 19 – Випробування бетонних призм

Визначення механічних характеристик сталей стержневої арматури, яка відповідає прокату, було проведено на стандартних зразках, виготовлених з використаних арматурних стержнів. Відповідно до нормативних документів, випробування зразків здійснювалися в лабораторних умовах за допомогою розривної машини СТМ-100.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 20 – Випробування зразків арматури на розривній машині СТМ-100

Тришарові залізобетонні конструкції покриттів із середнім теплоізоляційним шаром з легкого низькотеплопровідного бетону відповідають сучасним вимогам експлуатації та теплоізоляції. Одним із перспективних напрямків є використання полістиролбетону міцністю 0,5-2,5 МПа в цьому середньому шарі.

Експериментальні дослідження підтвердили можливість отримання фізико-механічних та теплотехнічних характеристик полістиролбетону з місцевих сировин. Отримані результати слугують основою для розробки енергоефективних огорожувальних конструкцій покриттів будівель.

Дослідження виявили, що при виготовленні тришарової залізобетонної конструкції з бетонів різної міцності утворюється контактний шар між суміжними шарами. Середня товщина цього шару варіюється від 0 до 1 см і залежить від технологічних параметрів, використовуваних для виготовлення конструкцій. Контактна зона впливає на напружено-деформований стан тришарових залізобетонних конструкцій під навантаженням.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблено методику розрахунку згинальних багат шарових залізобетонних конструкцій із легким бетоном, враховуючи геометричні та фізико-механічні характеристики контактного шару. Перевірочні випробування конструкцій, з важким бетоном класу В25 в зовнішніх шарах та легким полістиролбетоном класу В1 в середньому, показали, що несуча здатність експериментальних балок відповідає чисельним результатам, отриманим за новою розрахунковою схемою. Це дозволяє рекомендувати такі конструкції для використання в житловому та промисловому будівництві.

Отримані прогнози залежності дають змогу оцінити несучу здатність і тріщиностійкість багат шарових залізобетонних конструкцій, а також обрати значущі параметри, що впливають на їх роботу.

Аналіз техніко-економічної ефективності використання багат шарових залізобетонних панелей покриттів з полістиролбетоном низької теплопровідності виявив основні переваги в умовах В'єтнаму: зниження витрат на арматуру, зменшення маси конструкцій, зниження трудомісткості та вартості, а також підвищення якості й довговічності.

Рекомендації для подальших досліджень: ця робота охоплює тільки короткочасні статичні навантаження. Наступні дослідження повинні зосередитися на вивченні напружено-деформованого стану багат шарових конструкцій з урахуванням контактного шару при тривалому навантаженні.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Висновки

1. **Методики виготовлення:** Розроблено та апробовано методику виготовлення багат шарових плит з середнім шаром керамзитобетону, з влаштуванням шарів на сирий бетон. Також створено методику для багат шарових квадратних плит з середнім шаром газобетону, виготовлених у заводських умовах.

2. **Дослідження балочних плит:** Розроблено склад і методику дослідження балочних багат шарових плит на згин під дією короткочасного навантаження.

3. **Дослідження плит із вставками:** Розроблено склад і методику дослідження багат шарових плит та монококових керамзитобетонних плит з пустотоутворюючими пінополістирольними вставками, які опираються на чотири кути, на згин від короткочасного навантаження.

4. **Фізико-механічні характеристики:** Визначено обсяг і методику дослідження фізико-механічних характеристик бетону та арматури, що використовувалися у дослідних зразках плит.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

4. Охорона праці

4.1 Загальні положення

Під час зведення будинку слід дотримуватися таких організаційно-технічних заходів для безпеки робітників:

1. Огородити будівельний майданчик захисним парканом панельного типу.
2. Забезпечити рівномірне освітлення території за допомогою прожекторів.
3. Організувати під'їзні шляхи та внутрішньомайданчикові дороги для безпечного доступу транспорту.
4. Обладнати санітарні приміщення, пункти харчування та медпункт.
5. Виділити небезпечні зони та позначити їх відповідними знаками та огороженням.
6. Під час риття котловану встановити суцільне огороження висотою 1,2 м і дотримуватись відстані для ґрунту.
7. Починати будівництво надземної частини тільки після завершення робіт нульового циклу.
8. Виконувати строповку елементів опалубки і арматури із застосуванням пристроїв з урахуванням їхніх параметрів, використовуючи стропи з замковими пристроями.
9. Забезпечити всіх робітників спецодягом і заборонити роботу без захисних касок.
10. Перевірити будівельні механізми перед початком робіт і забезпечити наявність посвідчень у машиністів.
11. Обмежити зону повороту крану для запобігання руху вантажу над дорогами, встановивши застережливі знаки.
12. Складування матеріалів організувати відповідно до стандартів у зоні дії крану.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

13. Дотримуватися відстані від краю котловану під час складування не менше 1,5 м.

14. Використовувати лише сертифіковані матеріали, що підтверджено документами.

Для безпеки роботи з електроустановками:

- підтримувати належний стан ізоляції;
- обмежити доступ до приладів;
- використовувати ізолюючі підставки;
- заземлювати корпуси установок.

Майданчик слід обладнати інвентарними пристосуваннями, що відповідають ГОСТ 12.2.012-75.

4.2 Техніка безпеки при бурових роботах:

Бурові роботи повинні виконуватися з дотриманням технічних вимог, щоб забезпечити швидкий та безпечний монтаж і демонтаж бурової установки. Конструкція установки має гарантувати ефективну організацію робіт і захист бурової бригади.

Бурова установка повинна бути оснащена засобами малої механізації, а також механізмами і приладами для підвищення безпеки. Манометри та інші контрольно-вимірювальні прилади слід встановлювати так, щоб їх показання було чітко видно персоналу. Бурові вишки висотою від 14 м потрібно закріплювати сталевими канатами, діаметр яких розраховується інженерами.

Якщо працівникам необхідно підійматися на вишку або мачту, вона повинна бути обладнана сходами різних типів, що мають кут нахилу не більше 60°, ширину від 0,7 м, крок ступенів до 0,3 м, бортову обшивку висотою 0,15 м і поручні висотою 1 м.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Робочі платформи на бурових вишках повинні мати укриття від погодних умов, бути шириною не менше 0,7 м, з поручнями висотою 1-1,25 м. Поверхня підлоги платформ і сходів має бути рифленою або зробленою з дощок товщиною від 40 мм.

При пересуванні самохідних бурових установок працівникам дозволяється перебувати лише у кабіні водія. Під час переїзду під лініями електропередач усі, крім водія, повинні залишити установку, а швидкість пересування не повинна перевищувати 5 км/год. Роботи під лініями електропередач дозволені лише після інструктажу і отримання наряду-допуску.

Буровий агрегат має оглядатися перед початком кожної зміни майстром та раз на декаду – старшим буровим майстром, раз у два місяці – технічним керівником та механіком. Виявлені несправності необхідно усунути до початку робіт.

Усе обладнання на бурових установках має бути паспортизоване, талеві канати повинні мати сертифікати. Обладнання має експлуатуватися в межах допустимих навантажень та тиску за паспортом. Контрольно-вимірювальні прилади мають пломби або клеймо ремонтної організації.

При переміщенні установок використовуються жорсткі буксирні тяги або сталеві канати, а сторонні особи повинні перебувати на відстані, що дорівнює півтори висоти вишки. Відстань від трактора до вишки має бути не менше висоти вишки плюс 5 м. Переміщення дозволено вдень, заборонено при поганих погодних умовах.

Самохідні бурові установки на автомобільній базі повинні пересуватися з опущеною та закріпленою мачтою. Періодичні випробування вишок і мачт здійснюються згідно з галузевими стандартами та проводяться після завершення терміну експлуатації або ремонту.

Буріння має виконуватися під наглядом бурового майстра. Перед запуском двигунів перевіряють огороження, дається попереджувальний

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал, після чого починається робота. Забороняється обслуговувати механізми під час їх роботи.

Після закінчення буріння необхідно провести ліквідаційні роботи відповідно до нормативних правил, очистити територію від забруднень та вирівняти майданчик з подальшою рекультивацією.

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ушеров-Маршак О.В. Хімічні і мінеральні добавки в бетон [Текст] / Ушеров-Маршак О.В. — Харків: Колорит, 2005. — 280 с.
2. Троян В.В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів [Текст]: навчальний посібник / Троян В.В. — Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2010. — 228 с.
3. Кровяков С.О. Застосування методів планування експерименту при дослідженні властивостей керамзитобетону [Текст]/ Кровяков С. О., Мішутін А.В., Піщев О.В., Заволока М.В. // Моделювання та оптимізація будівельних композитів (ISBN 978-617-7195-29-9) – 2016. Одеса – с.65-67.
4. Bjornstrom J. Accelerating effects of colloidal nanosilica for beneficial calcium silicate hydrate formation in cement. / Bjornstrom, J., Martinelli, A., Matic, A., Borjesson, L., & Panas, I.//Chemical Physics Letters, 392(1–3), 2004, pp.242–248.
5. Ghafari E. The effect of nanosilica addition on flowability, strength and transport properties of ultra high performance concrete. / Ghafari, E., Costa, H., Julio, E., Portugal, A., & Duraes, L. // Material and Design, 59, 2014, pp. 1–9.
6. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2001, NEQ) [Текст] Чинний від 2010-01-01. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. — 93 с. — (Державний стандарт України)
7. ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань [Текст] – Чинний від 2010-05-05. – Київ: Укрархбудінформ, 2010. – 28 с. – (Державний стандарт України).
8. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови [Текст] — Чинний від 1996-01-01. — Київ: Укрархбудінформ, 1996. — 17 с. — (Державний стандарт України)

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

9. ДСТУ Б В.2.7-17-95 . Будівельні матеріали гравій, щебінь і пісок штучні пористі. Технічні умови [Текст] — Чинний від 1995-07-01. — Київ: Держкоммістобудування України, 1995. — 18 с. — (Державний стандарт України)
- 10.ДСТУ Б В.2.7-273:2011 (ГОСТ 23732-2011) (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ) Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови. [Текст]. — Чинний від 2012-12-01. — Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2000. — 18 с. — (Державний стандарт України).
- 11.ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу [Текст]. — Чинний від 2009-12-22. — Київ: Укрархбудінформ, 2010. — 14с. — (Державний стандарт України).
- 12.Дворкін Л.Й. Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів [Текст]: навчальний посібник / Дворкін Л.Й., Гоц В.І, Дворкін О.Л. К.: Основа, 2014. — 304 с. __

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ

1. Загальна характеристика роботи
2. Основний зміст роботи
3. Методика виготовлення багат шарових плит

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Загальні положення

4.2 Техніка безпеки при бурових роботах:

Список використаної літератури

Додатки

					БЦ 9500. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Додаток 2

Архітектурно-будівельна частина

Будівництво будинку здійснюється на ділянці, відведеній в м. Кропивницький. Бізнес-центр забезпечується системами опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації, електроустаткуванням і електроосвітленням, зв'язком і сигналізацією. Джерелом теплопостачання є центральна котельня через підземні теплові мережі.

Згідно з інженерно-геологічними вишукуваннями встановлене, що основою під фундаменти служать - глини.

Технологічна карта на влаштування зовнішніх і внутрішніх стін

Технологічна карта розроблена на влаштування зовнішніх і внутрішніх стін «Торгового центру»: розміри на плані в осях— 61,7х34,3 м, глибина закладення фундаменту - -3,600 м, фундамент – стрічковий, підвал присутній.

За відносну відмітку + 0,000 прийнятий рівень чистої підлоги 1го поверху, що відповідає абсолютній відмітці +180,13.

До складу робіт, що передбачаються технологічною картою входять: кладка зовнішніх і внутрішніх стін, установка риштування для зовнішніх і внутрішніх стін, подача блоків, подача розчину, подача цегли.

Календарний план провадження робіт по об'єкту

Календарні плани будівництва розробляються як на стадії проектного завдання, так і робочого проекту. На стадії проектного завдання календарний план будівництва входить до складу проекту організації будівництва, розроблювального проектною організацією.

Календарний план провадження робіт складається за формою, установленною «Інструкцією про порядок складання й твердження проектів організації будівництва й проектів провадження робіт».

При розробці календарного плану слід звертати особливу увагу на провідні, тобто найбільш масові трудомісткі або складні роботи. Організація цих робіт повинна бути вирішена в першу чергу. Строки виконання інших робіт звичайно підкоряються темпам, прийнятим для провідних робіт.

Будівельний генеральний план

Призначення будгенплану полягає в створенні необхідних умов для праці будівельників, механізації робіт, приймання, зберігання й укладання конструкцій і матеріалів, забезпечення робіт водними й енергетичними ресурсами. Будівельний генеральний план розробляється із вказівкою границь будівельного майданчика й видів її огорожень, що діють і тимчасових підземних і наземних комунікацій, постійних і тимчасових доріг, місць установки будівельних і вантажопідйомних машин із вказівкою шляхів їх переміщення й зон дії, розміщення тимчасових будинків і споруджень, небезпечних зон, шляхів і засобів підйому, а також проходів у будинки й спорудження, розміщення джерел і засобів енергозбереження й освітлення будівельного майданчика із вказівкою розташування заземлюючих контурів, майданчика й приміщень складування матеріалів і конструкцій, розташування приміщень для санітарно-побутового обслуговування будівельників, питних установок і місць відпочинку, а також зон виконання робіт підвищеної небезпеки.

В обов'язковому порядку проводиться ТЕП будгенплану.