

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

Тегза Іван Іванович

УДК 624.016.046.2

**ЗБІРНЕ БЕЗБАЛКОВЕ ЗАЛІЗОБЕТОННЕ ПЕРЕКРИТТЯ
З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНИХ КРУГЛОПУСТОТНИХ
ПЛИТ**

Спеціальність 05.23.01 – будівельні конструкції,
будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Полтава 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі конструкцій з металу, дерева та пластмас Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Стороженко Леонід Іванович,
професор кафедри конструкцій з металу, дерева та пластмас, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і науки України,

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Банах Віктор Аркадійович,
проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти, Запорізький національний університет
Міністерства освіти і науки України;

кандидат технічних наук, доцент
Паливода Олександр Анатолійович,
доцент кафедри промислового, цивільного та міського будівництва, Криворізький національний університет
Міністерства освіти і науки України.

Захист відбудеться "15" вересня 2020 р., об 14⁰⁰, на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 44.052.02 при Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, ауд. 218.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24.

Автореферат розісланий «14» серпня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 44.052.02

Т. А. Галінська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасний розвиток будівництва ставить нові вимоги щодо виробництва будівельних конструкцій та їх модернізації на основі науково-технічного прогресу, який полягає в економії матеріалів і трудовитрат при їх виготовленні та монтажу, а також надійності будівель та споруд. Істотний ефект при впровадженні нових модернізованих конструктивних рішень можливо досягти за рахунок оптимального поєднання фізико-технічних параметрів елементів за схемою «конструкція-матеріал-технологія». За цією схемою основна частка економії утворюється за рахунок найбільш широкого використання вже існуючого потенціалу заводів збірних залізобетонних конструкцій, зокрема використання круглопустотних плит.

На теперішній час широко розповсюджені у будівництві безбалкові, безкапітельні та безригельні конструкції перекриття, зокрема, конструктивні системи типу КУБ 2.5, АРКОС, СОЧИ, РАДИУСС, конструктивна схема по серії 1.020-1/83 та ін. Такі конструктивні системи забезпечують можливість спорудження будівель довільної конфігурації за планом з різними об'ємно-планувальними рішеннями. Поряд з існуючими типами розроблені нові прогресивні конструкції зі сталезалізобетону, які дозволяють зменшити витрати при монтажі конструкцій, відмовитись від улаштування опалубки та додаткових стійок й підвищити швидкість монтажу.

Подальшим кроком в удосконаленні збірних та збірно-монолітних каркасів будівель і споруд є використання збірних круглопустотних плит та їх модифікацій у безбалковому каркасі. Задачі, спрямовані на пошук раціональних параметрів таких конструкцій, дослідження їх міцності й деформативності та впровадження результатів у будівництво є доцільними та актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема відповідає напряму науково-технічної політики держави у галузі оцінювання технічного стану будівель і споруд згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №409 від 5 травня 1997 р. «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та мереж». Робота виконана на кафедрі конструкцій із металу, дерева і пластмас Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» відповідно до плану робіт за темою «Розробка методів розрахунку, проектування і будівництва сталезалізобетонних конструкцій покриттів на основі дослідження їх дійсної роботи» та держбюджетної теми «Високоєфективні сталезалізобетонні несучі конструкції каркасів багатоповерхових будівель» (державний реєстраційний номер 0115U002418).

Мета роботи – оцінювання несучої здатності й деформативності збірних безбалкових конструкцій перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі задачі:

- створити системи збірного безбалкового перекриття з використанням модифікованих багатопустотних плит;
- дослідити особливості роботи модифікованих плит з круглими пустотами

за результатами їх експериментального випробовування;

- визначити вплив запропонованої схеми перекриття на напружено-деформований стан та несучу здатність складових залізобетонних плит;

- провести аналіз напружено-деформованого стану досліджуваних залізобетонних плит числовим методом;

- запропонувати до впровадження у будівництво житлових будинків ефективний вид безбалкового перекриття з використанням модифікованих багатопустотних плит;

- оцінити техніко-економічну ефективність використання запропонованих залізобетонних модифікованих багатопустотних плит у безбалкових перекриттях.

Об’єкт дослідження: конструкції збірного безбалкового перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит.

Предмет дослідження: несуча здатність і деформативність перекриття запропонованої конструктивної схеми з використанням модифікованих круглопустотних плит.

Методи дослідження:

- експериментальні дослідження напружено-деформованого стану та несучої здатності залізобетонних збірних безбалкових перекриттів з використанням модифікованих багатопустотних плит;

- методи будівельної механіки, опору матеріалів, опору залізобетону при аналізі напружено-деформованого стану збірних залізобетонних конструкцій;

- метод комп’ютерного моделювання конструкцій із застосуванням програмних комплексів, що реалізують метод скінченних елементів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

- отримані нові дані у результаті експериментальних досліджень несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості залізобетонних модифікованих плит з круглими пустотами та інших складових безбалкового перекриття;

- розроблено методику проектування збірних залізобетонних безбалкових перекриттів з використанням модифікованих круглопустотних плит;

- проведено аналіз напружено-деформованого стану залізобетонних круглопустотних плит та інших складових елементів за допомогою чисельних методів з урахуванням фізичної нелінійності роботи матеріалів конструкцій при їх роботі у складі безбалкового перекриття;

- проведена оцінка техніко-економічної ефективності використання запропонованих модифікованих залізобетонних плит у складі безбалкових перекриттів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці нової системи безбалкового збірного перекриття із використанням модифікованих збірних круглопустотних плит та в оцінці напружено-деформованого стану цих конструкцій під впливом навантажень, у розробленні методики їх розрахунку. Доведена техніко-економічна ефективність нових видів безбалкового перекриття.

Отримано патенти на нові види систем збірних безбалкових перекриттів.

Особистий внесок дисертанта:

- розроблені нові системи ефективних збірних залізобетонних перекриттів з використанням модифікованих круглопустотних плит;
- проведено експериментальні дослідження елементів перекриттів з використанням модифікованих залізобетонних круглопустотних плит;
- розроблено методику чисельного розрахунку залізобетонних модифікованих круглопустотних плит у складі збірного безбалкового перекриття;
- досліджено техніко-економічну ефективність запропонованих модифікованих залізобетонних плит у складі безбалкових перекриттів.

Апробація результатів роботи. Результати експериментально-теоретичних досліджень доповідались і обговорювались на 67-69 наукових конференціях професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка у 2016 – 2019 роках; XII – XIII Міжнародних науково-технічних конференціях «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація» (Полтава, 2016, 2018 рр.) та інших всеукраїнських та міжнародних конференціях.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 14 робіт, 8 із них у фахових виданнях, три з яких входять до міжнародних наукометричних баз даних, а також отримано 5 патентів України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел (256 найменувань) і додатків. Роботу виконано на 214 сторінках друкованого тексту, у тому числі 132 сторінки основного тексту, 40 сторінок з рисунками й таблицями, 28 сторінок списку використаних джерел, 8 сторінок додатків, 170 рисунків та 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність, сформульовано мету і поставлено задачі досліджень; визначено наукову новизну та практичне значення роботи; наведено методи досліджень; вказано особистий внесок здобувача, а також відомості щодо апробації результатів дисертаційної роботи.

У **першому** розділі наведено огляд літературних джерел та проведено критичний аналіз теоретичних та експериментальних досліджень збірних безбалкових перекриттів. При огляді загальних відомостей щодо безбалкових перекриттів відмічено переваги застосування таких конструкцій, зокрема, зниження конструктивної висоти перекриття, скорочення витрат стінових матеріалів. Детально описано конструктивні особливості існуючих систем безбалкового перекриття.

Питанням дослідження сумісної роботи безбалкового перекриття з колонами присвячені роботи А. Е. Аділова, М. І. Ватіна, Г. Б. Георгієва та інших дослідників, у яких розроблені відповідні методики розрахунку.

Детально розглянуто сталезалізобетонні конструкції та стан їх дослідження. Актуальність використання сталезалізобетонних конструкцій обумовлена зміною задач, що поставлені сучасним життям перед будівельними організаціями України. Сталезалізобетонні конструкції, зокрема трубобетон, відомі з початку ХХ століття. У колишньому СРСР проблемою дослідження сталезалізобетону активно займалися А. П. Васильєв, Р. В. Воронков, В. Н. Голосов, Р. С. Санжаровский, А. Д. Ліberman, Л. К. Лукша, Ю. С. Мартинов, М. М. Стрелецкий, И. Л. Хаютин. В ті часи значні роботи з дослідження сталезалізобетону проведені в нашій країні такими вченими як Ф. Є. Клименко, Е. Д. Чіхладзе, О. Л. Шагін. Активні роботи з дослідження трубобетону проводилися в Кривому Розі під керівництвом Л. І. Стороженка.

В наш час активно досліджуються та впроваджуються у будівництво сталезалізобетонні конструкції у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», де успішно працює наукова школа під керівництвом Л. І. Стороженка. Найбільш відомі роботи з цієї школи виконали О. П. Воскобійник, С. А. Гудзь, В. В. Джура, Д. А. Єрмоленко, В. І. Єфіменко, В. І. Козарь, П. Г. Кортушов, О. А. Крупченко, Т. П. Куч, О. І. Лапенко, С. О. Мурза, О. В. Назаров, О. В. Нижник, В. Ф. Пенц, О. В. Семко, О. В. Сколибог, С. В. Яхін.

Окремо розглянуто пропозиції щодо влаштування сучасних безбалкових конструкцій перекриття. У цьому напрямку відомі роботи О. В. Нижника, А. М. Павлікова.

У другому розділі розкривається сутність запропонованих збірних безбалкових перекриттів з використанням модифікованих круглопустотних плит та їх розрахунок. Розглянуто конструктивні системи збірних безбалкових конструкцій перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит.

Поставлена задача вирішується таким чином, що у збірному залізобетонному безбалковому перекритті використовуються надколонні, міжколонні та пролітні плити, при цьому плити по всьому периметру мають скошені бокові грані, чим утворюють площадку для обпирання сусідніх надколонних та міжколонних панелей. Надколонні плити встановлюються на сталеві консолі, що прикріплені до колон, таким чином утворюючи суцільний диск перекриття. Можна використовувати трубобетонні колони. Стики між плитами заповнені цементним розчином, а загальна жорсткість перекриття досягається зварюванням між собою закладних деталей, що передбачені на всіх плитах.

Порівняльний аналіз запропонованої конструкції з найбільш близьким аналогом показує, що вона відрізняється тим, що: застосовується нескладна опалубка при виготовленні плит, що входять до системи безбалкового перекриття; спрощений процес монтажу плит перекриття при його достатній точності за рахунок відсутності підтримуючих засобів та риштувань; створюються стики між панелями невеликої товщини з малою витратою розчину без використання додаткової опалубки. Суть запропонованого типу безбалкових перекриттів пояснюється кресленнями, що приведені на рисунку 1.

У досліджуваній конструктивній схемі перекриття прийняті міжколонні плити збірними залізобетонними, а пролітні плити – модифікованими з круглими

пустотами. Розрахунок залізобетонних елементів перекриття виконується за діючими у наш час в Україні нормативними документами.

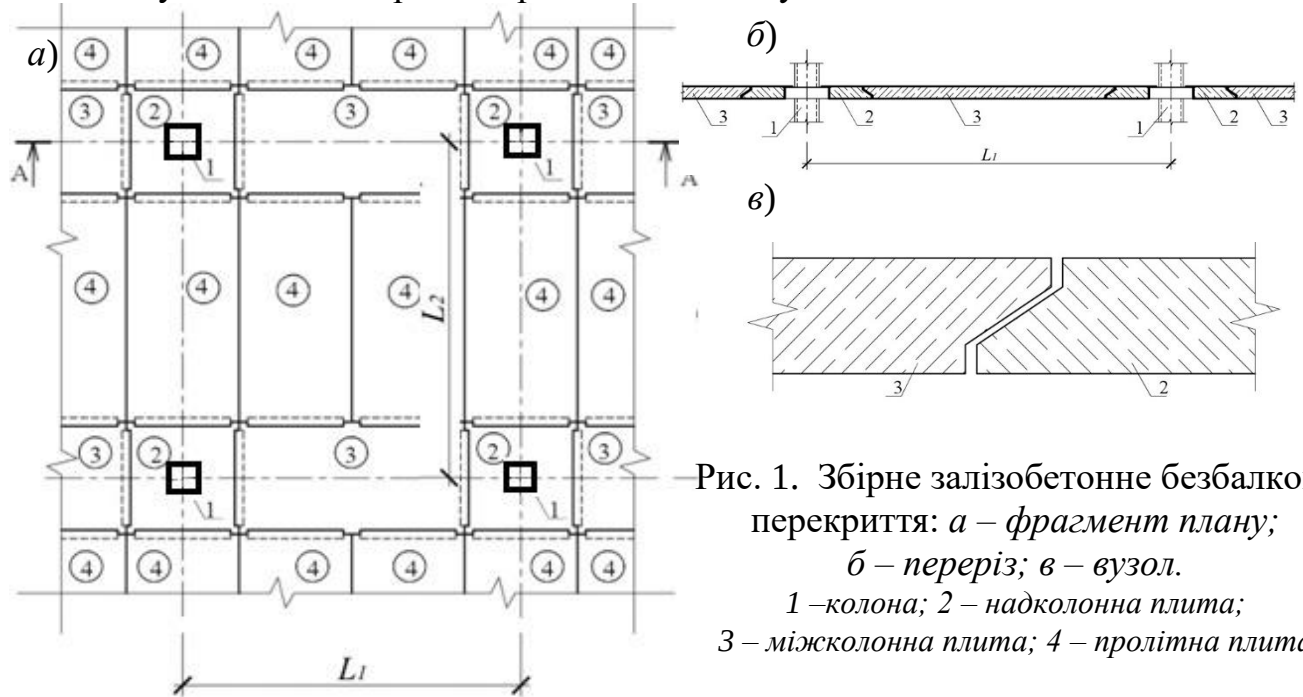


Рис. 1. Збірне залізобетонне безбалкове перекриття: а – фрагмент плану; б – переріз; в – вузол.

1 – колона; 2 – надколонна плита; 3 – міжколонна плита; 4 – пролітна плита

Слід відмітити, що міжколонні та пролітні плити в цьому перекритті працюють як статично визначені балки, що спираються на 2 опори. Для забезпечення міцності за похилою тріщиною на дію поперечної сили виходять із умов рівноваги частини залізобетонного елемента біля опори, що перебуває під дією зовнішніх і внутрішніх сил (рис. 2).

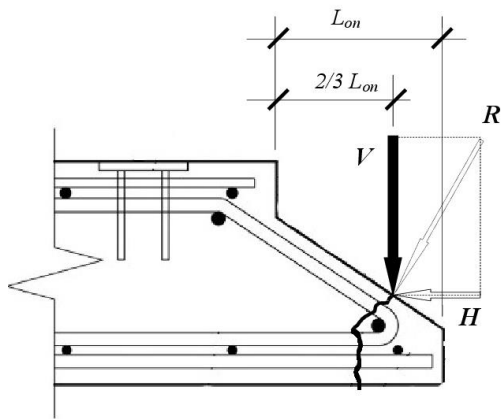


Рис. 2. Розрахункова схема опорної частини плит

У обраному за розрахунковий випадку утворення похилої тріщини частина стиснутого бетону знаходиться досить близько до краю плити, тому варто вважати, що в опорі зовнішньому зусиллю беруть участь лише відігнуті стрижні. Тому формула, що встановлює несучу здатність

опорної частини плит має вигляд

$$V \leq V_{s,inc}, \quad (1)$$

$$V_{s,inc} = \sum f_{ywd} A_{s,inc} \sin \theta,$$

де V – рівнодійна всіх поперечних сил від зовнішнього навантаження, розташованих по один бік від розглянутого похилого перерізу. Значення V визначається за

$$V = V_{\max} - cq, \quad (2)$$

де q – рівномірно розподілене навантаження; c – проекція небезпечного похилого перерізу на горизонтальну вісь; $V_{s,inc}$ – поперечне зусилля, котре сприймається відігнутими стрижнями.

Несучу здатність залізобетонних елементів на дію згинальних моментів визначають, виходячи з наступних передумов: за розрахунковий приймається усереднений переріз, який відповідає середнім деформаціям бетону й арматури за довжиною блоку між тріщинами, якщо вони наявні; деформації арматури вважаються однаковими з оточуючим їх бетоном як при розтязі, так й при стиску; для розрахункового перерізу застосовується гіпотеза про лінійний розподіл деформацій за його висотою; зв'язок між напруженнями та деформаціями для стиснутого бетону й розтягнутої арматури приймається у вигляді діаграм деформування; роботу бетону розтягнутої зони допускається не враховувати.

За критерій вичерпання несучої здатності перерізу приймається: втрата рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями (досягнення максимуму на діаграмах «момент – кривизна (прогин)» – екстремальний критерій; руйнування стиснутого бетону при досягненні фібровими деформаціями граничних значень (ε_{cul} , ε_{cu3}) або розрив усіх розтягнутих стрижнів арматури внаслідок досягнення в них граничних деформацій (ε_{ud}).

З використанням вищенаведених положень та за результатами розрахунків запроектована надколонна плита, схема якої наведена на рисунку 3. Розміри плити в плані 1200×1200 мм за товщини 220 мм, що дорівнює товщинам міжколонних та пролітних плит. У середній частині плити передбачений отвір з розмірами 410×410 мм для забезпечення можливості її монтажу після установки колони. Цей отвір обрамлений «стаканом» зі сталевих листів товщиною 8 мм для можливості забезпечення надійної сумісної роботи плити й колони та для можливості кріплення поперечної арматури плити. Для забезпечення сумісної роботи з пролітними й міжколонними плитами на поверхні установлюються закладні деталі. По контуру плити передбачені виступи зі скошеними поверхнями для можливості обпирання на них міжколонних та пролітних плит. Передбачено, що ці плити установлюються на свіжоукладений цементний розчин з послідовним зварюванням закладних деталей.

Міжколонна плита армована робочими стрижнями класу А-III та монтажною арматурою діаметром 6 мм. Плита розраховувалась на сприйняття власної ваги перекриття та корисного навантаження, що складає 280 кН (45,75 кПа) згідно з існуючими нормативними документами ДБН та ДСТУ щодо залізобетонних конструкцій. При проектуванні прийнятий бетон класу С 25/30 за міцністю.

Загальний вигляд запроектованої міжколонної плити наведений на рис. 3, б. Для можливості обпирання міжколонної плити на надколонну, по торцям передбачені відповідні виступи зі скошеними поверхнями.

У якості пролітних плит прийняті модифіковані багатопустотні панелі (рис. 3, в). Їх відмінність від типових рішень полягає в тому, що торці скошені для можливості обпирання на міжколонні плити. Поздовжнє армування прийняте таким, як у типових рішеннях, а торці плит підсилені зігнутими

арматурними стрижнями. На діючому заводі залізобетонних конструкцій ці конструкції були виготовлені за загальноприйнятою технологією.

У **третьому розділі** наведено методику та результати експериментальних досліджень, метою проведення яких є встановлення напружено-деформованого стану та визначення несучої здатності окремих конструктивних елементів плоского безбалкового перекриття. Відповідно до мети було розроблено програму експериментальних досліджень, яка передбачала випробовування окремих елементів перекриття.

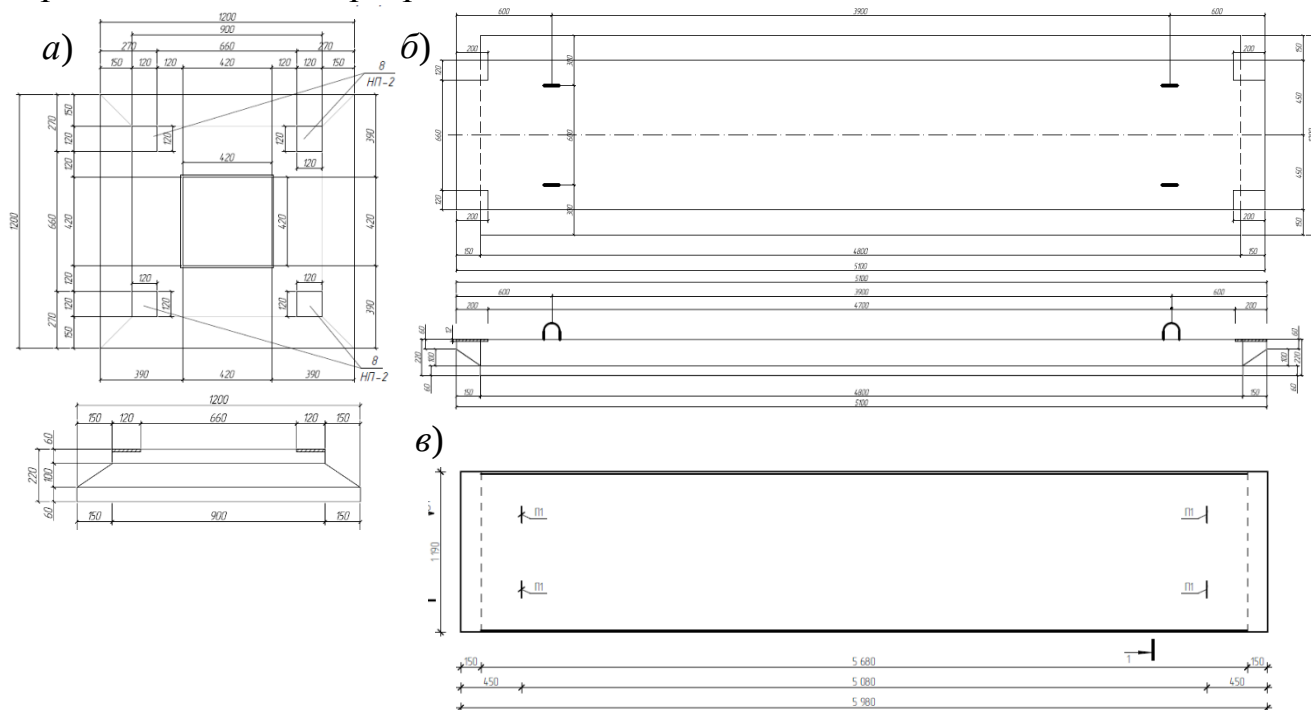


Рис. 3. Креслення досліджуваних плит:
 а – надколонна; б – міжколонна; в – пролітна

У якості дослідних зразків було обрано повнорозмірні елементи безбалкового перекриття, що дозволило отримати найбільш повноцінну інформацію щодо їх несучої здатності та деформативності.

Згідно прийнятої програми експериментальних досліджень було виготовлено три серії дослідних зразків. Для зразків було використано склади бетонів і арматурні стрижні, що використовуються Світловодським заводом залізобетонних виробів. Товщина всіх залізобетонних плит прийнята 220 мм. Експериментальні зразки заповнювалися бетоном класу C25/30 за міцністю.

Випробовувані залізобетонні плити мали такі габаритні розміри: надколонна ПНК – 1200×1200×220 мм; міжколонна ПМК – 5100×1200×220 мм; пролітна ПЗ – 5980×1190×220 мм.

Для виготовлення дослідних зразків надколонних плит було виготовлено індивідуальну опалубку. Для виготовлення міжколонних плит та плит заповнення використано модернізовану інвентарну опалубку серійних багатопустотних плит.

Сітка колон має регулярний характер із кроком, що дорівнює модульним розмірам: уздовж секції – 6,0 м; поперек секції – 6,9 м.

З метою моделювання роботи надколонної плити було сконструйовано і виготовлено додаткове устаткування, що імітує частину колони з місцем для спирання надколонної плити. З'єднання сталевих елементів виконанно за допомогою електрозварювання.

Силове устаткування складається з гідравлічної установки потужністю 300 кН та несучої балки. Остання через систему двох тяжів зафіксована від вертикальних переміщень шляхом з'єднання з силовою підлогою лабораторії. Зусилля на плиту ПНК передавалося через попередньо встановлений домкрат (рис. 4).

Завантаження здійснювалося ступенями по 0,1 від передбачуваного теоретичним розрахунком руйнуючого навантаження N . Кожна ступінь завантаження витримувалась не менше 5 хв. На всіх ступенях вимірювалися відносні та абсолютні деформації. Вимірювання деформацій здійснювалося двома методами: за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм на базі 200 мм та тензометричним методом. База електротензорезисторів складала 50 мм. Для тензометричних випробувань використовувався автоматичний вимірювач деформацій ВНП-8, точність вимірювань якого становить 1×10^{-5} .

На рисунку 5 наведено графіки, що відображають зміну відносних деформацій найбільш розтягнутих (точки 1 – 5) та найбільш стиснутих (точки 11 – 17) волокон плити ПНК. Виміряно величини деформацій за показниками електротензорезисторів, ланцюги яких розташовано у перерізі між опорними поверхнями. За наведеними графіками можна бачити, що деформації розтягу на верхній грані плити ПНК наростають швидше, ніж деформації стиснення (нижньої грані). При цьому відбувається затухання стискаючих (11 – 17) деформацій до місця спирання дослідних зразків на опорну раму.



Рис. 4. Схема розташування вимірювальних приладів на дослідних зразках серії ПНК

Хоч явного руйнування дослідного зразка надколонної плити не було виявлено, слід звернути увагу на лавиноподібне наростання розтягуючих деформацій у місці розташування електротензорезистора № 3. У цей момент почалось інтенсивне розкриття поперечних тріщин (рис. 6). Після зняття зовнішнього навантаження тріщини закрились. Розподіл утворених тріщин наведено на рисунку 6.

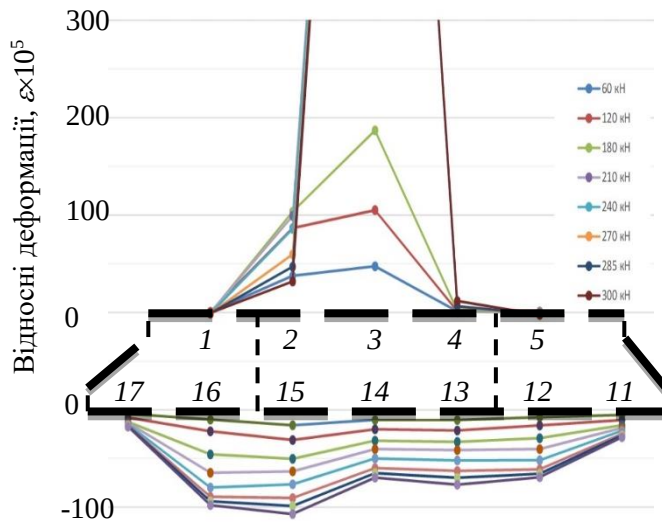


Рис. 5. Розподіл відносних деформацій на верхній (1 – 5) та нижній (11 – 17) поверхні зразка серії ПНК залежно від величини навантаження



Рис. 6. Розподіл тріщин на верхній розтягнутій поверхні зразка серії ПНК

На рисунку 7 наведено графіки, що відображають зміну відносних деформацій розтягнутих (електротензорезистор 7) та стиснутих (електротензорезистори 18 і 20) волокон плити ПНК. Зростання деформацій розтягу (електротензорезистор 7) є більш інтенсивним, ніж деформацій стиску (електротензорезистори 18 та 20). При величині зовнішнього зусилля у 210 кН (145,83 кПа) електротензорезистор, закріплений у точці 7 розірвався і вийшов з ладу. Але при цьому конструкція дослідної плити ПНК продовжувала сприймати зовнішнє зусилля, яке продовжувало зростати.

Розподіл деформацій на похилій ділянці вузла спирання та на прилеглих ділянках не суттєво змінюється при збільшенні зовнішнього навантаження. Максимальні значення зусиль стиснення не перевищують величини 50×10^{-5} . Це свідчить про те, що внутрішній згинальний момент, який є реакцією на дію зовнішнього навантаження, не призводить до руйнування залізобетону на даній ділянці, а визначальним залишається величина поперечного зусилля.

Міжколонні та пролітні плити, креслення яких наведені в Розділі 2, були виготовлені й випробувані на базі заводу залізобетонних виробів м. Світловодська. На рисунку 6 наведено зображення дослідної плити ПМК в установці під навантаженням. Для можливості монтажу в робоче положення дослідних зразків міжколонних (ПМК) та пролітних (ПЗ) плит були виготовлені два бетонні блоки зі одним зрізаним верхнім ребром. Щоб запобігти

переміщенню під час завантаження ці блоки-опори з'єднувались двома сталевими тяжами. Останні було пропущено у заздалегідь утворених отворах.

В якості корисного завантаження дослідних плит серії ПМК використовувались інвентарні вантажні блоки з каліброваною вагою 1,96 тонни. Габаритні розміри таких блоків складали 600×600×2400 мм. Для завантаження дослідних плит серії ПЗ використовувались інвентарні вантажні блоки з каліброваною вагою від 270 кг до 294 кг із габаритними розмірами 300×300×1200 мм.



Рис. 7. Пролітна плита (ПЗ) під час випробування

Прогин конструкції міжколонної плити серії ПМК на кожній зі ступенів завантаження відбувається симетрично до середньої точки. Вертикальні переміщення точок поздовжньої осі конструкції, які ближче розташовані до опор, нарастають з певною інтенсивністю та достатньо рівномірно, у той час як прогин у середньому перерізі має певні стрибки у переміщеннях. Так, після досягнення зовнішнім навантаженням 60 % від максимального відбувається непропорційне збільшення прогину.

На рисунку 8 наведено графік зміни величини вертикального переміщення середнього перерізу дослідної плити серії ПМК залежно від величини зовнішнього навантаження. Даний графік побудовано за показниками механічних прогиномірів. Слід зазначити, що і на цьому графіку при досягненні 60 % від максимального спостерігається непропорційне наростання прогинів.

Сумарне навантаження на дослідну конструкцію склало 232,6 кН (38 кПа). Максимальний згинаючий момент у середньому перерізі склав 108,22 кН·м. Максимальний прогин, що відповідає максимальному зусиллю при експериментах склав 45 мм. Але слід зазначити, що прогин у 31,6 мм відповідає величині характеристичного навантаження 187,1 кН (30,57 кПа) на міжколонну плиту. На початковому етапі до $0,3 F_{\max}$ приріст деформацій відбувається

пропорційно приросту навантаження. На графіках можна виділити момент стрибка деформацій розтягнутої зони. У цей момент величина сумарного зовнішнього зусилля склала 97 кН. Збільшення сумарного навантаження до 98 кН (16,01 кПа) призвело до появи тріщин (рис. 9). Розповсюдження тріщин сягає 40 % висоти поперечного перерізу від нижньої грані.

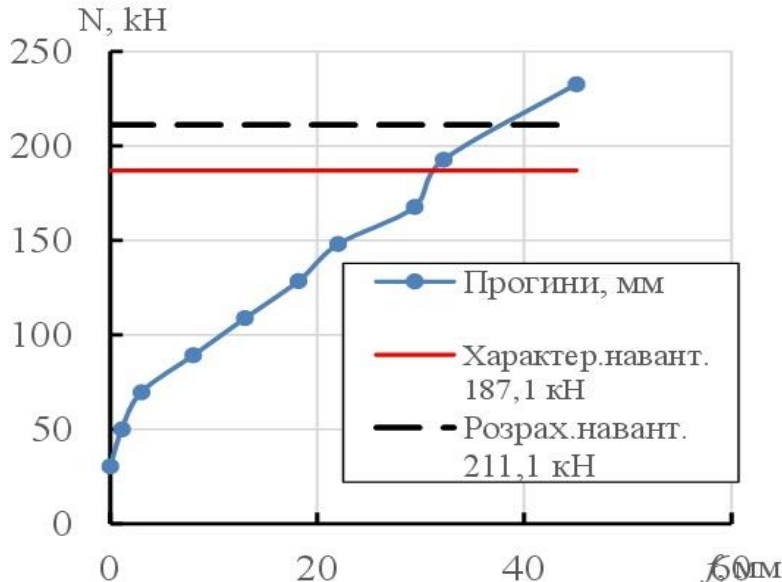


Рис. 8. Розподіл прогинів зразка серії ПНК залежно від величини корисного навантаження

Зміну величини стиснутої зони середнього поперечного перерізу наведено на рисунку 9. За цими графіками можна бачити, що від початку завантаження до $F_{\max}$ висота стиснутої зони поступово зменшується від 68 % до 52 % висоти перерізу плити. За виміряними під час випробовування деформаціями і за діаграмою роботи бетону побудовано залежності зміни величини напружень у бетоні стиснутої та розтягнутої зон на різних

ступенях завантаження. Графіки представлено на рисунку 10.

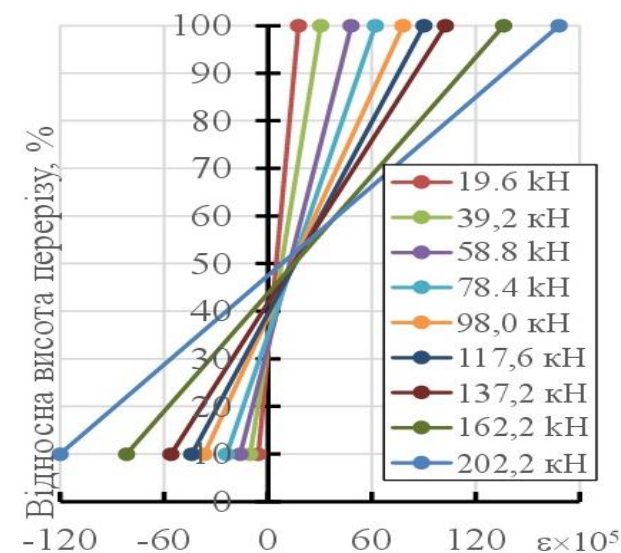


Рис. 9. Зміна висоти стиснутої зони залежно від величини сумарного навантаження на зразок ПНК

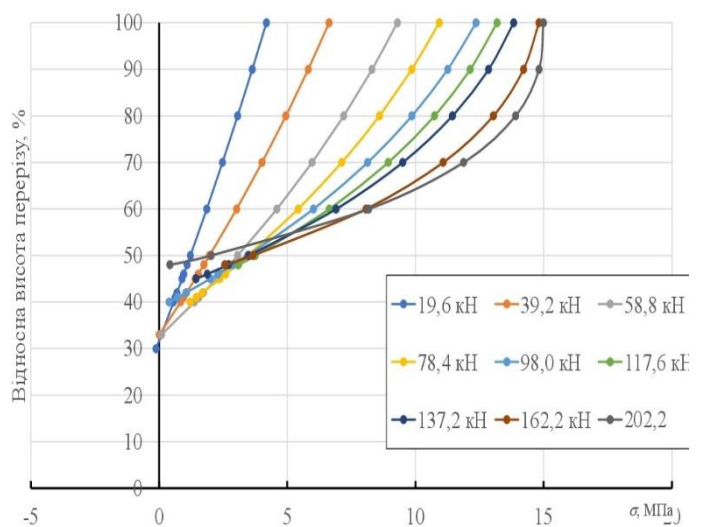


Рис. 10. Зміна напруженого стану бетону в середньому поперечному перерізі зразка серії ПНК

На рисунку 11 наведено графік зміни величини вертикального переміщення середнього перерізу дослідної плити серії ПЗ залежно від величини зовнішнього навантаження.

Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 1, де $f_{гран}$ – прогин у середині прольоту відповідної плити в момент досягнення граничного стану. Враховуючи те, що під час експериментальних досліджень ні один з дослідних зразків не зруйнувався, у якості $f_{гран}$ прийнято гранично допустимий прогин, що відповідає $1/200$ прольоту. У якості f_{max} прийнято величину максимально зафіксованого прогину під час експериментів.

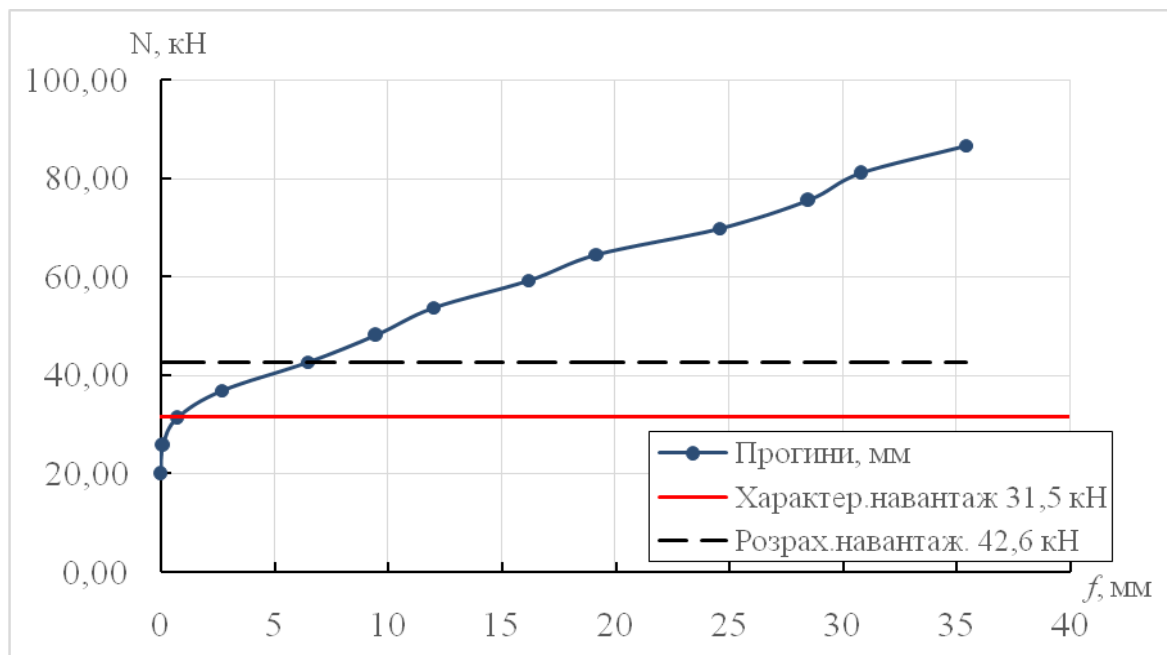


Рис. 11. Залежність прогину дослідного зразка серії ПЗ від величини зовнішнього навантаження

Несуча здатність $F_{теор}$ представлена як розрахункове сумарне навантаження на дослідний зразок, $F_{гран}$ – величина сумарного зовнішнього зусилля, що відповідає гранично допустимому прогину.

Максимальне сумарне навантаження F_{max} відповідає максимальному навантаженню під час експериментів.

У **четвертому розділі** наведено чисельну методику оцінювання напружено-деформованого стану залізобетонних конструктивних елементів системи безбалкового перекриття, яка дозволила встановити величину несучої здатності надколонної та міжколонної плити. Чисельне моделювання роботи плит безбалкового перекриття виконано у середовищі ПК «ЛИРА-САПР» 2016.

При формуванні кінцево-елементних моделей плит перекриття, які досліджуються, використано такі кінцеві елементи: КЕ 32 (тетраedr); шестивузловий ізопараметричний КЕ 34; восьми вузловий ізопараметричний КЕ 36. Уздовж арматурних стрижнів введено кінцеві елементи із ортотропними властивостями.

Результати експериментальних досліджень

Серія зразків	Характеристичне навантаження, кН	Прогин f , мм		Несуча здатність, кН			Максимальне сумарне навантаження, кН·м	
		$f_{гран}$	f_{max}	$F_{теор}$	$F_{гран}$	різниця, %	F_{max}	$F_{гран./F_{max}}$
ПНК	231,8	—	—	262,7	295,0	+12,2	300,0	1,00
ПМК	187,1	36,0	45,0	211,1	198,2	-6,1	232,6	0,85
ПЗ	31,5	7,2	35,1	42,6	43,0	+0,9	83,24	0,52

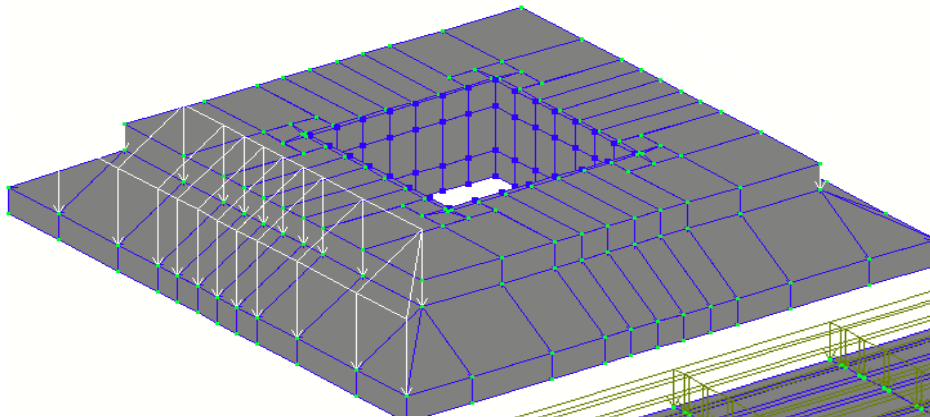
Для формування моделі надколонної плити використано кінцеві елементи усіх трьох типів КЕ 32, КЕ 34 та КЕ 36. Загальний вигляд кінцевоелементної моделі надколонної плити наведено рисунку 12, *а*. Усього модель надколонної плити складається із 336 кінцевих елементів між 632 вузлами. Усі елементи розділено на три шари. Для фіксації у просторі та імітації спирання на опорні конструкції колони у окремих вузлах надколонної плити додано в'язі. Вони розташовані у вузлах кінцевих елементів, що імітують сталевий внутрішній стакан (рис. 12, *а*). Так, на вузли по нижньому обрізу плити встановлено в'язі, що обмежують переміщення точок у напрямках трьох головних осей X , Y , та Z , а на інші – що унеможливають переміщення у горизонтальній площині XoY .

Зовнішнє навантаження прикладено відповідно до умов проведення експериментальних досліджень. Воно приймається рівномірно розподіленим (рис. 12, *а*) на дві взаємно протилежні похилі грані.

Деякі кінцеві елементи нижнього та верхнього шарів представляють собою просторові тіла з ортотропними властивостями, їх особливістю є те, що уздовж плити вони мають жорсткість сталевих елементів, а впоперек – бетонного. Зовнішнє навантаження прикладено відповідно до умов проведення експериментальних досліджень (розд. 3). Воно відбувається рівномірно розподіленим навантаженням на верхню грань. Завантаження відбувається ступенями. У якості граничного прийнято величину руйнуючого навантаження, що склало 270 кН (44,12 кПа).

Засобами програмного комплексу, крім переміщень, обчислено компоненти напруженого стану кінцевоелементних моделей плит.

а)



б)

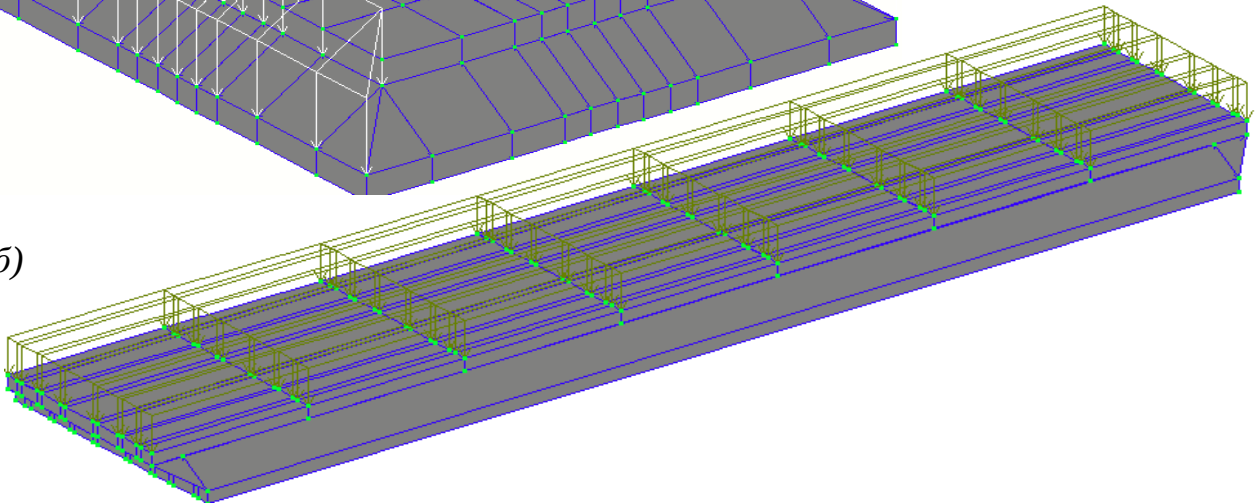


Рис. 12. Загальний вигляд кінцево-елементних моделей плит із прикладеним зовнішнім навантаженням:

а – надколонна плита; б – міжколонна плита

На рисунку 13 (а), наведено загальну вихідну форму кінцевоелементної моделі надколонної плити до розрахунку та деформовану форму після прикладання навантаження. Слід зазначити, що величини вертикальних переміщень крайніх точок добре відповідають величині прогинів, отриманих під час фізичного експерименту над міжколонною плитою.

Характер розподілу переміщень міжколонної плити має зворотно симетричний характер, крім переміщень уздовж вісі Z. Аналіз наведених ізоліній вказує на форму плити після деформування. Вона плоско вигинається нейтральною площиною у координатній площині ZX. Нейтральна площина міжопорної частини плити мала вертикальні переміщення у напрямку прикладання зовнішнього зусилля, а позаопорні частини перемістились у протилежному напрямку. Цьому сприяє особливість видовженої ділянки спірання.

Було проведено порівняння результатів чисельних досліджень з результатами теоретичних та експериментальних. Так, несуча здатність надколонної плити за результатами чисельних експериментів виявилась меншою на 17,1 % від експериментальної і склала 244,6 кН (169,86 кПа). Несуча здатність міжколонної плити порівняно з експериментальними значеннями виявилась на 9,6 % меншою і склала 181,2 кН (29,61 кПа).

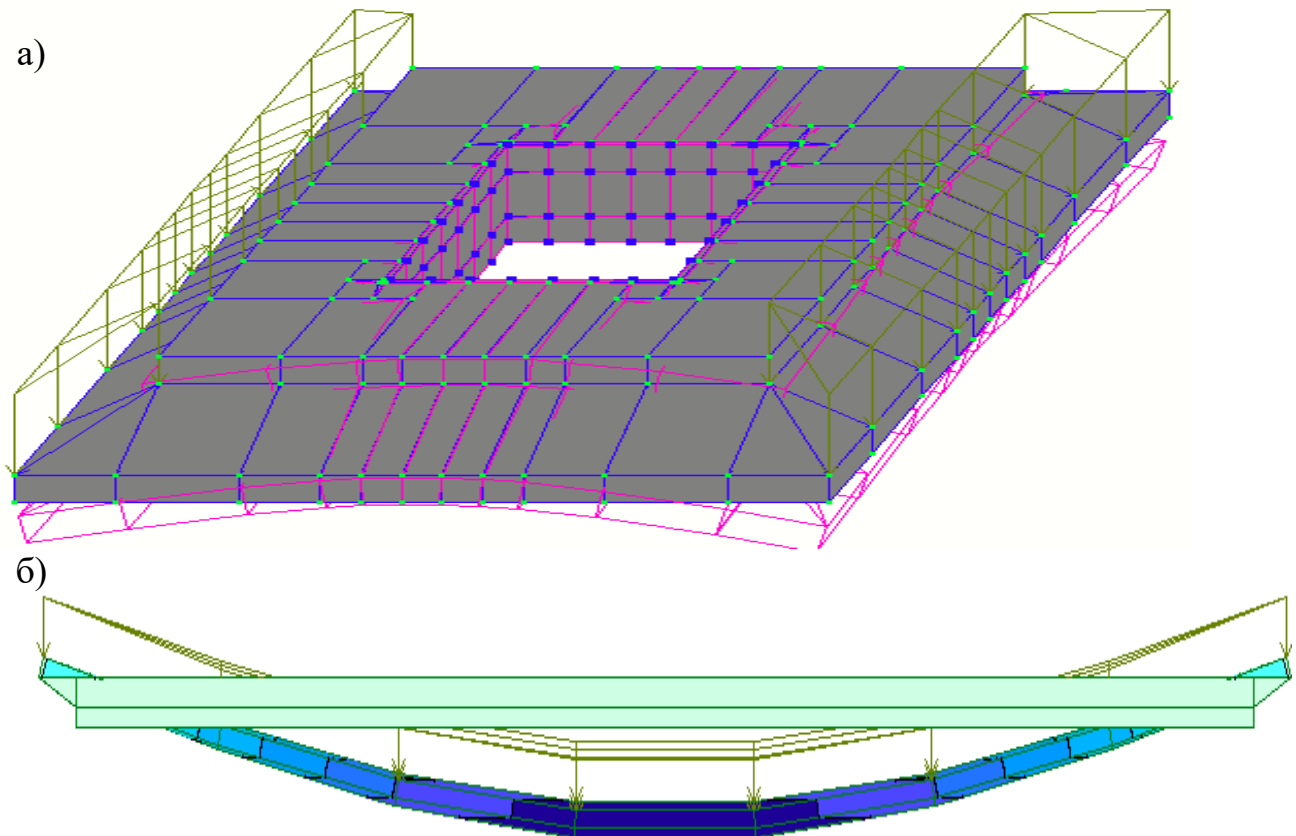


Рис. 13. Загальний деформований стан дослідних плит:
а – надколонна плита; б – міжколонна плита

Виявлена розбіжність визначена за результатами чисельного моделювання, не перевищує 17,1%, що вказують на достовірність розроблених кінцево-елементних моделей та можливість використання при вивченні роботи під навантаженням окремих елементів безбалкового перекриття.

У **п'ятому розділі** дисертації викладено результати впровадження досліджень у практику проектування. Було виконано дослідне проектування перекриття запропонованої конструкції у складі несучого каркасу будинку. В якості об'єкта проектування взято несучий каркас житлового багатоповерхового будинку із плануванням, що відповідає усім вимогам сучасної нормативної бази України. Будинок має конструктивну схему з поздовжніми несучими стінами. Стіни виконано суцільними з цегли. Для забезпечення вимог ефективного опору передачі тепла на зовнішню поверхню огорожуючих несучих конструкцій закріплено навісну систему утеплення із застосуванням ефективних ізолюючих матеріалів. Перекриття влаштовано із використанням типових круглопустотних плит.

Для дослідного проектування обрано перекриття типового поверху рядової секції багатосекційного будинку (рис. 14, а). У якості стійок прийняті типові залізобетонні колони квадратного перерізу 400×400 мм. Крок між поздовжніми осями складає 6,9 м. Планування приміщень потребує різного кроку між поперечними осями, він коливається від 3,6 до 6,0 м. Для проектування плит безбалкового перекриття прийнято сітку колон 6,0×6,9 м.

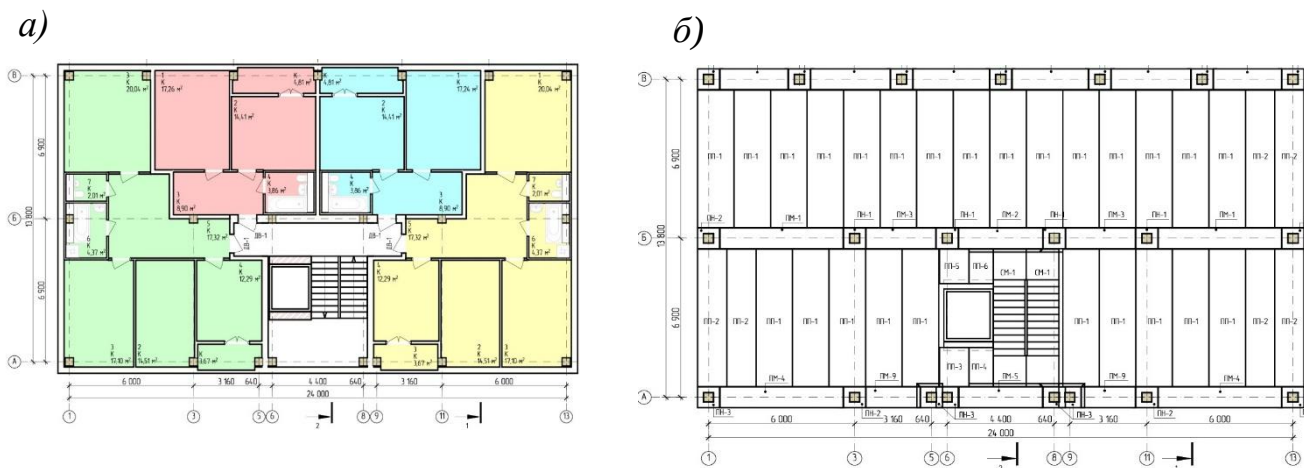
Надколонні плити (ПНК) мають геометричні розміри у плані $1,2 \times 1,2$ м і осьову прив'язку до поздовжніх та поперечних осей (рис. 14). Міжколонні плити (ПМК) у плані $1,2 \times 4,8$ м і розташовуються у поздовжньому напрямку з нульовою прив'язкою. Плити заповнення виконано у вигляді модифікованих багатопустотних плит, які розташовуються паралельно до поперечних осей. Висота перекриття обумовлена висотою круглопустотних плит і дорівнює 220 мм.

Відповідно до рекомендацій, розроблених у даній роботі, було сконструйовано та запроєктовано елементи збірного залізобетонного безбалкового перекриття: надколонну плиту; міжколонну плиту; пролітну плиту. Кожен тип плит запроєктований для найбільш завантаженого варіанту. При зборі навантажень враховано: власну вагу конструкцій; вагу конструкції підлоги; корисне навантаження на перекриття.

Результати проведених експериментальних досліджень розроблених міжколонних плит ПМК, які наведено у розділі 3 даної роботи, вказали на ряд недоліків звичайного робочого армування. У практиці проектування залізобетонних конструкцій широко застосовується попередньо напружена робоча арматура.

Для оцінки ефективності застосування попереднього напруження було виготовлено дослідні зразки міжколонних плит. При цьому використані: бетон класу С16/20; робоча арматура $\varnothing 14$ А800, монтажна – $\varnothing 6$ АІІ. Середня величина максимального навантаження за результатами випробувань для міжколонних плит становила $F = 267,3$ кН (43,68 кПа) (згинальний момент у середньому перерізі $M = 151,8$ кН·м).

Конструкція плити під час експериментів не зазнала руйнування, але при цьому величина відносного прогину перевищила граничне значення у $1/200$. Тому в якості несучої здатності прийнято зусилля, що відповідає величині нормативного граничного прогину. При цьому теоретична несуча здатність міжколонної плити із попереднім напруженням склала 211,1 кН (34,5 кПа). Розходження склало 21,3 %. Можна констатувати, що теоретична несуча здатність, яку обчислено за нормативною методикою, дозволяє з достатньою точністю встановити несучу здатність таких плит.



Порівняння техніко-економічних показників запроєктованих конструкцій дозволяє говорити про їх конкурентоздатність у порівнянні з традиційними конструкціями.

Порівняльний аналіз економічної ефективності запропонованого збірного безбалкового перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит з монолітним залізобетонним перекриттям було виконано на основі вартості конструкцій та матеріалів, наданої «Світловодським заводом залізобетонних виробів» та Приватним підприємством «Будівельною фірмою «Каріатида».

Вартість розробленої конструкції безбалкового перекриття на 1 м² перекриття складає 797,99 грн, а вартість монтажних робіт склала 43,62 грн. Загальна вартість 1 м² перекриття склала 841,61 грн.

Приведена товщина запроєктованого безбалкового збірного перекриття складає 182 мм. Порівняно з монолітним залізобетонним перекриттям товщиною 160 і 180 мм витрата бетону буде більшою на 13,75 і 1,11 % відповідно, а витрата арматури буде меншою на 0,32 і 11,4 %. Проте, при влаштуванні монолітного перекриття надзвичайно високу собівартість мають монтажні роботи, ніж при влаштуванні збірного безбалкового перекриття. Таким чином, можна зробити висновок, що основною складовою економічної ефективності представленого збірного безбалкового перекриття порівняно з монолітним є вартість виконання робіт. Загалом вартість запропонованого перекриття менша на 17 % від традиційного.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дають змогу зробити такі висновки:

1. Ураховуючи досвід дослідження та будівництва, слід зробити висновок, що застосування безбалкових конструкцій у багатоповерхових будинках є перспективним напрямком і дозволяє отримати значний техніко-економічний ефект. При будівництві багатоповерхових будинків є ефективними залізобетонні плити з круглими пустотами, тому слід вважати доцільним їх використання у безбалкових збірних перекриттях.

2. Створені системи збірних безбалкових перекриттів з використанням модифікованих багатопустотних панелей. Головним для запропонованих конструктивних рішень є відносна простота їх виготовлення та зручність монтажу: на відміну від сучасних залізобетонних конструкцій під час монтажу не використовується складна опалубка та підтримуючі засоби й риштування, значно спрощуються вузли з'єднання. Встановлено, що у системі конструкції запропонованого безбалкового перекриття найменша довжина швів між плитами.

3. Досліджені особливості роботи натурних модифікованих плит з круглими пустотами, надколонних та міжколонних плит за результатами їх експериментального випробовування у виробничих умовах. Програма експериментальних досліджень розроблена з урахуванням можливості використання матеріальної бази існуючого виробництва будівельних конструкцій, що дозволило запроєктувати й виготовити дослідні зразки у

натуральну величину. Застосовано такі ж матеріали конструкцій (сталь та бетон), які використовуються у реальних несучих конструкціях.

4. За результатами експериментів встановлено, що максимальне сумарне навантаження, яке було передано на пролітну плиту серії ПЗ, склало 83,24 кН (9,25 кПа). Максимальний прогин середнього перерізу склав 35 мм. Максимальне сумарне навантаження, яке було передано на міжколонну плиту серії ПМК склало 202,20 кН (33,04 кПа). Максимальний прогин середнього перерізу склав 45 мм. Максимальне сумарне навантаження, яке було передано на надколонну плиту серії ПНК, склало 300,00 кН (208,33 кПа). Дослідні зразки при цьому не вдалось зруйнувати.

5. Визначено вплив запропонованої схеми перекриття на напружено-деформований стан та несучу здатність складових залізобетонних плит. Установлено, що міжколонні та пролітні плити працюють як статично визначені балкові елементи, а їх сумісна робота в перекритті забезпечується за рахунок зварювання закладних деталей. Розпір, що виникає між елементами перекриття за рахунок скошених поверхонь спирання, незначний і нівелюється за рахунок сумісної роботи елементів перекриття.

6. Розроблені кінцевоелементні моделі, що адекватно описують роботу надколонної та міжколонної плит при завантаженні їх вертикальним рівномірно розподіленим навантаженням. Порівняння результатів чисельних розрахунків з результатами фізичних експериментів має відхилення не більше 17 %. Характер деформування міжколонної плити повністю за формою та величиною прогинів відповідає характеру, отриманому під час проведення фізичних експериментальних досліджень.

7. Запропонований до впровадження у будівництво реальних будинків ефективний вид безбалкового перекриття з використанням модифікованих багатопустотних плит. Додаткові натурні випробування міжколонної попередньо напруженої плити довели ефективність її роботи у складі перекриття.

8. Здійснена оцінка техніко-економічної ефективності використання запропонованих залізобетонних модифікованих багатопустотних плит у безбалкових перекриттях. Установлено, що порівняно з монолітними плитами вартість зменшується на 17 %. Значно економляться трудозатрати при зведенні перекриття. Таким чином, запропонована система збірного безбалкового перекриття є достатньо ефективною.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ

1. Стороженко Л. Збірне безбалкове перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит / Л. І. Стороженко, О. В. Нижник, С. О. Мурза, І. І. Тегза //Зб. «Строительство, материаловедение, машиностроение». Вип. 69. – Дніпропетровськ, ТВУЗ «ПГАСА», 2013. – С. 231 – 236. (Особистий внесок – виконано обґрунтування доцільності застосування збірного безбалкового перекриття у складі залізобетонного каркасу багатоповерхового будинку).

2. Стороженко Л. Нові ефективні конструктивні рішення безбалкових збірних перекриттів багатоповерхових будівель / Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, О. В. Нижник, В. І. Богоста, І. І. Тегза // Зб. „Галузеве машинобудування, будівництво”, Вип. 3(42), том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С.183 – 187 (Особистий внесок – удосконалено вузол спирання плит наступного рівня).

3. Storozhenko L. New design decisions of prefabricated girderless floors of multi-storeyed buildings / L. Storozhenko, D. Yermolenko, A. Nyzhnyk, I. Tegza // MATES Web of Conferences 116. 02032 (2017), Transbud-2017. – Kharkiv, Ukraine. –doi.org/10.1051/mateconf/201711602032. (Особистий внесок – розроблено принципи членування на окремі збірні елементи системи перекриття).

4. Tegza I. Experimental researches of the achievements of a current burdening course plates / Ivan Tegza // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – 1 (52)' 2019. – P.82 – 90. <https://doi.org/10.26906/znp.2019.52.1680>. (Особистий внесок – розроблено програму експериментальних досліджень надколонної плити та виконано обробку результатів і сформульовано висновки).

5. Стороженко Л. Безбалкові збірні перекриття для багатоповерхових будівель / Л. І. Стороженко, О. В. Нижник, І. І. Тегза, В. В. Івасенко // II InternationalScientific-TechnicalConference «Actual problems of power engeneering. Construction and environmental engineering», 23–25.10.2017, Kielce, Poland. – С. 171 – 176. (Особистий внесок – проведено аналіз переваг та недоліків розробленої системи збірного залізобетонного безбалкового перекриття)

6. Storozhenko L. Experimental researches of the current burdening course plates achievements / L. Storozhenko, D. Yermolenko, I. Tegza // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, CivilEngineering. – 2 (53)' 2019. – P.61 – 66. <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1891> (Особистий внесок – розроблено програму експериментальних досліджень надколонної плити та виконано обробку результатів і сформульовано висновки).

7. Стороженко Л. Нові конструктивні рішення безбалкових збірних перекриттів багатоповерхових будівель / Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, О. В. Нижник, І. І. Тегза // Зб. тез доповідей VI-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті», Харків, 19–21 квітня 2017 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – С. 161 – 163. (Особистий внесок – розробка програми експериментальних досліджень елементів збірного безбалкового залізобетонного перекриття).

8. Стороженко Л. Особливості розрахунку збірних безбалкових перекриттів з модифікованих багатопустотних плит / Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, І. І. Тегза // Збірник матеріалів II Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2019», 23 – 24 травня 2019 року – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – С. 193 – 195. (Особистий внесок – розробка методики розрахунку конструктивних елементів збірного безбалкового перекриття з модифікованих багатопустотних плит).

9. Стороженко Л. Ефективність застосування модифікованих круглопустотних плит у складі збірного залізобетонного безбалкового перекриття / Л. І. Стороженко, Д. А. Єрмоленко, І. І. Тегза // Збірник матеріалів III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020», 1 – 2 червня 2020 року – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. – С. 173 – 175. (Особистий внесок – розробка методики розрахунку конструктивних елементів збірного безбалкового перекриття з модифікованих багатопустотних плит).

10. Пат. UA 127999 U Україна, МПК ЕО4В 5/43, ЕО4С 2/38. Збірне сталезалізобетонне безбалкове перекриття / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Єрмоленко Д.А., Богоста В.І., Тегза І.І.; заявник та власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № U2018 03519; заявл. 02.04.2018; опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16. (Особистий внесок – виконано розрахунок несучої здатності конструктивних елементів розробленого збірного сталезалізобетонного перекриття).

11. Пат. UA 128580 U Україна, МПК ЕО4В 1/20(2006.01), ЕО4В 5/43(2006.01). Вузол з'єднання надколонних плит безбалкового перекриття з трубобетонною колоною / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Єрмоленко Д.А., Богоста В.І., Тегза І.І.; заявник та власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № U2018 03411; заявл. 02.04.2018; опубл. 25.09.2018, Бюл. № 18. (Особистий внесок – виконано розрахунок несучої здатності вузла з'єднання надколонних плит безбалкового перекриття з трубобетонною колоною)

12. Пат. UA 128581 U Україна, МПК (2018.01) ЕО4В 5/00, ЕО4В 5/43(2006.01). Вузол з'єднання плит у збірному безбалковому перекритті / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Єрмоленко Д.А., Богоста В.І., Тегза І.І.; заявник та власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № U2018 03412; заявл. 02.04.2018; опубл. 25.09.2018, Бюл. № 18. (Особистий внесок – виконано розрахунок опорних частин плит збірному безбалковому перекритті у місці вузла з'єднання).

13. Пат. UA 128582 U Україна, МПК (2018.01) ЕО4В 2/00, ЕО4В 5/00, ЕО4В 5/43 (2006.01). Збірне залізобетонне безбалкове перекриття / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Єрмоленко Д.А., Богоста В.І., Тегза І.І.; заявник та власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № U2018 03413; заявл. 02.04.2018; опубл. 25.09.2018, Бюл. № 18. (Особистий внесок – виконано розрахунок несучої здатності конструктивних елементів розробленого збірного залізобетонного перекриття).

14. Пат. UA 128813 UA Україна, МПК ЕО4В 5/43 (2006.01), ЕО4С 2/38(2006.01). Збірне сталезалізобетонне безбалкове перекриття з пустотними плитами / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Єрмоленко Д.А., Богоста В.І., Тегза І.І.; заявник та власник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – № U2018 03483; заявл. 02.04.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19. (Особистий внесок – виконано розрахунок несучої здатності конструктивних елементів розробленого збірного залізобетонного безбалкового перекриття з пустотними плитами).

АНОТАЦІЯ

Тегза І. І. Збірне безбалкове залізобетонне перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти та науки України, Полтава, 2020.

Дисертація присвячена вивченню несучої здатності й деформативності збірних безбалкових конструкцій перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит. Виконано ґрунтовний аналіз існуючих систем безбалкового перекриття, зокрема, сучасних сталезалізобетонних систем. Розроблено нову систему збірного безбалкового залізобетонного перекриття зі з'єднанням окремих елементів в одному рівні через похилі ділянки спирання. Проведено експериментальні дослідження розвитку деформованого стану та несучої здатності розроблених конструкцій з урахуванням особливостей передачі навантаження між елементами перекриття. Встановлено характер досягнення граничного стану окремих несучих елементів розробленої системи перекриття. Детальне вивчення напружено-деформованого стану виконано за допомогою чисельних досліджень із застосуванням програмного комплексу ЛИРА-САПР. Проведено дослідне проектування збірного безбалкового залізобетонного перекриття з використанням модифікованих круглопустотних плит. Порівняння техніко-економічних показників запроєктованих конструкцій дозволяє зробити висновок щодо їх конкурентоздатності у порівнянні з традиційними конструкціями.

Ключові слова: залізобетон, перекриття, несуча здатність, деформації, напруження, розрахунок.

АННОТАЦИЯ

Тегза И. И. Сборное безбалковое железобетонное перекрытие с использованием модифицированных круглопустотных плит. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка» Министерства образования и науки Украины, Полтава, 2020.

Диссертация посвящена изучению несущей способности и деформативности сборных безбалочных конструкций перекрытия с использованием модифицированных круглопустотных плит. Выполнен основательный анализ существующих систем безбалочных перекрытий, в частности, современных сталежелезобетонных систем. Разработана собственная система сборного безбалочного железобетонного перекрытия с соединением отдельных элементов в одном уровне через наклонные участки опоры.

Проведены экспериментальные исследования развития деформированного состояния и несущей способности разработанных конструкций с учетом особенностей передачи нагрузки между элементами перекрытия. Установлен характер достижения предельного состояния отдельных несущих элементов разработанной системы перекрытия. Детальное изучение напряженно-деформированного состояния выполнено с помощью численных исследований с применением программного комплекса ЛИРА-САПР. Проведено опытное проектирование сборного безбалочного железобетонного перекрытия с использованием модифицированных круглопустотных плит. Сравнение технико-экономических показателей запроектированных конструкций позволяет сделать вывод об их конкурентоспособности по сравнению с традиционными конструкциями.

Ключевые слова: железобетон, несущая способность, деформации, напряжения, расчёт.

ABSTRACT

Tegza I. I. Precast beamless concrete flooring using modified circular hollow slabs. – Manuscript.

Thesis for the Doctor Degree in Technical Science on specialty 05.23.01 – building structures, building and constructions. – National University «Yuri KondratyukPoltava Polytechnic», Poltava, 2020.

The dissertation is devoted to the study of load-bearing capacity and deformability of prefabricated beam-free structures of overlapping using modified circular hollow plates. A thorough analysis of the existing systems of beam-free overlap, in particular, of modern steel-liberone systems, is made. A system of prefabricated concrete-free reinforced concrete flooring with the connection of individual elements in one level due to the oblique sections of the suspension has been developed. Experimental investigations of the development of the deformed state and bearing capacity of the designed structures have been carried out taking into account the peculiarities of the load transfer between the elements of the overlap. The character of attaining the limit state of the individual bearing elements of the developed overlapping system is established. A detailed study of the stress-strain state was performed by means of numerical studies using the software LIRA-CAD software. Experimental design of prefabricated precast concrete floor with modified circular hollow slabs in the form of a project proposal, as an alternative to the already implemented prototype.

Key words: reinforcing concrete, carrying capacity, strain, stress, calculation.

Поліграфічний центр
Національного університету «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції Серія ДК № 7019 від 19.12.2019р.

Папір офсетний. Друк RISO
Підписано до друку 12.08.2020р.
Ум. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим.
Формат 60х90/16. Зам. №35 від 12.08.2020р.