

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»**

**ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.С. ОСИМИ**

УДК 624.012.45

На правах рукописи

ШАРИФОВ Абубакр Хайдарович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННЫХ ПЛИТ С
КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Душанбе - 2023

Диссертационная работа выполнена в двух организациях: Южно-Уральском государственном университете и Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими.

Научные руководители: **Ивашенко Юлий Алексеевич**
доктор технических наук, профессор кафедры
«Строительная конструкция и сооружения»
«ЮУрГУ (НИУ)»
Рахмонзода Ахмаджон Джамолидин
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Промышленное и гражданское
строительство» ТТУ им. акад. М.С. Осими

Официальные оппоненты: **Раззоков Сайидмахсуд Рахманович**
доктор технических наук, профессор кафедры
«Строительных конструкций» Самаркандского
государственного архитектурно-строительного
университета имени М. Улугбека
Сангинов Абдусамад Мирвафоевич -
кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории сейсмостойкости
зданий и сооружений ИГСС НАНТ

Ведущая организация: Государственное унитарное предприятие
научно-исследовательский институт
«Строительство и архитектура», Комитета по
архитектуре и строительству при
Правительстве Республики Таджикистан.

Защита состоится «30» июня 2023г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.КOA-027 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими по адресу: 734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых, 10А.

E-mail: dis.sia@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, www.ttu.tj

Автореферат разослан «___» мая 2023 года

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Рахмонзода А.Д.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В современной строительной практике и в эпоху научно-технического прогресса новейшие технологии затрагивают все аспекты человеческой деятельности, в том числе и производство инновационных конструкций. Если раньше строительство зданий и сооружений осуществлялось с большими экономическими и трудовыми затратами, то в нынешнее время эти затраты во много раз сократились благодаря использованию современных технологий. Одной из новейших технологий в современном производстве строительных конструкций является применение облегченных конструктивных элементов, в которых значительно уменьшается расход материалов. Соответственно, метод использования комбинированных материалов, то есть стальной и композитной арматуры при создании легких конструкций может обеспечить их наибольшую эффективность.

На протяжении почти 200 лет стальная арматура применяется в строительной производственной практике в качестве армирующих элементов железобетонных конструкций. Стальная арматура достаточно хорошо показала себя за годы использования в железобетонных конструкциях, за исключением случаев, когда она подвергалась воздействию агрессивной среды, при которой разрушения конструкции из-за коррозии стали происходить довольно быстро и значительно. В связи с этим применение композитной арматуры (стеклопластиковой, базальтопластиковой, углепластиковой, арамидного волокна), предлагаемой в качестве альтернативных армирующих материалов для значительного устранения воздействия агрессивной среды, на наш взгляд, является весьма актуальным.

Основываясь на особенности композитной арматуры, ее использование ограничено в изгибаемых элементах. Хрупкость композитной арматуры и недостаточная изученность легких конструкций препятствуют их использованию в больших масштабах. В основном это связано с низким модулем упругости композитной арматуры, большими деформациями в железобетонных элементах, температурными воздействиями и т.д.

В связи с тем, что композитная арматура и облегченные конструкции имеют ряд специфических особенностей и являются актуальными, направленными на снижение материальных и трудовых затрат в строительстве, возникает необходимость исследования напряженно-деформированного состояния облегченных плит с комбинированным армированием для уменьшения деформативности. Более того, поскольку Республика Таджикистан является регионом с повышенной сейсмической активностью, использование указанных материалов и конструкций может сыграть важную роль для увеличения сейсмостойкости зданий и сооружений в целом.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. Применение стеклопластиковой арматуры в гражданском строительстве впервые было рассмотрено в 1960-х годах для решения проблемы коррозии дорожных мостов и сооружений, которые сильно подвержены воздействию морской соли. Композитная арматура день за днем становится практичным альтернативным строительным материалом, заменяя стальную арматуру в бетонных конструкциях. В результате за последние 50 лет использование такой арматуры

увеличилось, и сегменты бетонных элементов начали заменяться во многих отраслях строительства. Использование композитной арматуры при комбинированном армировании включает в себя замену традиционной стальной на арматуру из стеклопластика и других видов композитной арматуры. Это особенно эффективно в агрессивных средах, где стеклопластик может обеспечить лучшие характеристики долговечности по сравнению со стальной арматурой. Композитная арматура и композиционный материал чаще всего используется для усиления железобетонных элементов, либо для частичной замены стальной арматуры методом комбинированного армирования. Комбинированный метод позволяет избавиться от ряда недостатков бетонных элементов, полностью армированных композитной арматурой, и улучшает ее деформируемость.

Комбинированное армирование бетонных конструкций означает частичную замену стальной арматуры композитной. Такая замена осуществляется в стержневых и плитных изгибаемых конструкциях. Комбинированными называются конструкции, состоящие из различных материалов и различных технологических операций, включая применение сборных и монолитных изделий, а также предварительное напряжение.

Комбинация материалов во всех отраслях науки, а также в строительной конструкции с каждым днем развивается и занимает свое особое место. Изучение и исследование комбинации материалов позволяет изобретать или конструировать новые технологические навыки. Еще в начале 90-х годов профессор Шмуклер В.С. предложил использовать захороняемые вкладыши из переработанного пенополистирола для снижения расхода материалов для различных железобетонных элементов из тяжелых и легких бетонов.

Проблемами применения комбинированных армированных бетонных конструкций занимались следующие видные отечественные и зарубежные ученые: Аксельрод Е.З., Бегунова Н.В., Бокарева С.А., Гапонов В.В., Климов Ю.А., Ключев С.В., Неровных, А.А., Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Римшин, В.И., Смердов Д.Н., Степанова В.Ф., Факлуллина Н.В., Хаютина Ю.Г., Хозин В.Г., Шилина А.А., Юрьева А.Г., Wu Z, Li W, Liu Yinghao, Yuan Yong, Sakuma N, Tan KH., Lau D, Pam HJ, Mohammed R.S., Zhou F., Al-Sunna R., Ruan X.J., и др.

Вопросы обоснования применения композитной арматуры в качестве армирующего каркаса бетонных элементов рассмотрены в работе Антакова А.Б., Маиляна Д. Р., Михуба Ахмада, Польской П.П., Хишмаха Мервата.

По данному вопросу в нормах и правилах строительства Республики Таджикистан и нормах Российской Федерации содержатся способы и методы, которые не в достаточной мере способствуют решению данной проблемы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью диссертационной работы является получение и анализ экспериментальных данных о сопротивлении комбинированной конструкции плит, изгибающихся в двух направлениях, и изучение возможности применения существующих методов расчета для их проектирования при воздействии поперечной распределенной нагрузки.

Поставленная цель достигается на основе решения следующих **задач**:

– анализ существующих исследований, характеризующих основные особенности деформирования комбинированных плит и применения композитной арматуры с целью обоснования и формирования физических характеристик предлагаемой модели;

– экспериментальные исследования прочности, жесткости и трещиностойкости облегченных плит с комбинированным армированием;

– применение конечно-элементной модели плит комбинированной конструкции с использованием нелинейной постановки в ПК Лира;

– анализ метода предельного равновесия для расчета несущей способности плит комбинированной конструкции.

Объект исследования - облегчённая монолитная плита с комбинированным армированием.

Предмет исследования – прочность, жесткость, трещиностойкость, комбинированной плиты.

Научная новизна исследования состоит в:

– разработки облегченной плиты, изгибаемой в двух направлениях с комбинированным армированием;

– получении обоснованных экспериментальных данных о зависимости распределенной нагрузки: трещиностойкость, деформативность по прогибам, ширина раскрытия трещин, процесс и схемы развития трещин;

– применении конечно–элементной модели для расчета облегченных плит с комбинированным армированием от действия поперечной нагрузки в виде трехмерной модели в нелинейной постановке на всех этапах нагружения, включая стадию разрушения;

– выявлении влияния варьируемых параметров на работу облегченных плит перекрытия с комбинированным армированием;

– разработки методика расчета облегченных плит с комбинированным армированием.

Основные положения, выносимые на защиту:

– результаты экспериментальных исследований облегченных плит с комбинированным армированием, работающих по двум направлениям от действия равномерно-распределенных нагрузок;

– результаты компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния изгибаемых комбинированных плит;

– методика расчета изгибаемых облегченных плит с комбинированным армированием.

Теоретическая и практическая значимость исследования:

– получены научно обоснованные результаты, диаграммы и зависимости, применяемые при проектировании комбинированных плит с наименьшей материалоемкостью;

– результаты экспериментальных исследований облегченных плит с комбинированным армированием предлагаемой модели со значительным удешевлением строительства, представляющее практический интерес для инвесторов и заказчиков при проектировании каркасно-монолитных и сборно-монолитных плит и панелей;

– результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе ЮУрГУ и ТТУ при изучении студентами и магистрантами специальности «Строительство» спецкурса железобетонных, бетонных и каменных конструкций.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности: 05.23.01

– Строительные конструкции, здания и сооружения; формула специальности - создание и совершенствование рациональных типов конструкций, а также методов их расчета; область исследования - обоснование, исследование и разработка новых типов несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Степень достоверности результатов:

– при теоретических и экспериментальных расчетах использовались существующие нормативно-технические документы и методы испытаний строительных конструкций;

– результаты исследования на КЭ моделях в достаточной мере совпадают с экспериментальными данными;

– допустимая сходимостъ теоретических результатов расчета комбинированной плиты с полученными экспериментальными данными.

Личный вклад соискателя заключается в проведении экспериментальных исследований, применение конечно-элементной модели в ПК Лира, участие в разработке методики расчета изгибаемых облегченных плит с комбинированным армированием, формулирование выводов и подготовка к публикации материалов.

Апробация и реализация результатов диссертации. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на:

– международном научно-практическом симпозиуме «Материаловедение и технология» (MST2021), журнал AIP Conference Proceedings в международной базе данных Scopus и Web of Science (СГАУ имени Н.И. Вавилова, Саратов, 2021 г.);

– международной научно-практической конференции «Технические науки и инженерное образование для устойчивого развития», (ТТУ имени академика М.С. Осими, Душанбе, 2021г.)

– VI международной (XII Всероссийская) конференции «Строительство и застройка: жизненный цикл», ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» (г. Чебоксары, пр. Ленина, д. 6, строительный факультет ЧГУ, 2022г.).

– чтениях лекционного курса по теме «Облегченная плита перекрытия с комбинированным армированием» студентам и магистрантам строительной специальности ТТУ имени академика М.Осими (ноябрь 2021 г.)

Публикации по теме диссертации. Основное содержание диссертационного исследования опубликовано в 8 научных работах, в том числе 3 статьи в РИНЦ и 4 статьи в ведущих рецензируемых журналах из перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан и РФ, 1 статья в издании, индексируемом в Scopus и Web of Science.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников, приложений. Работа

изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 72 рисунка, 10 таблиц и формул. Список использованных источников включает 125 наименований.

Автор выражает глубокую признательность и огромную благодарность руководству ЮУрГУ, Архитектурно-строительного института, ТТУ имени академика М.С. Осими и научным руководителям за помощь в проведении исследований и подготовке диссертационной работы к публичной защите.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследований, обозначены научная новизна и практическая значимость работы, перечислены основные выносимые на защиту положения и результаты.

В первой главе «СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ» рассмотрено практическое применение зарубежного опыта применения облегченных монолитных плит перекрытий для снижения веса конструкций и экономической эффективности строительных комплексов, а также рационализация конструктивной схемы зданий за счет использования облегченных плит. Соответственно приводится практическое применение композитной арматуры не только как коррозионностойкой, немагнитной, радиопрозрачной и электроизоляционной, но и в качестве рабочей арматуры в конструкциях массовых серий гражданского и промышленного строительства. Метод комбинирования материалов, совместное использование облегченных плит и комбинированное армирование композитной арматурой позволит значительно повысить эффективность современного строительства. Изучение и исследование комбинации материалов позволяют изобретать или создавать новые технологические навыки в современной науке. В связи с этим представлен альтернативный вариант облегченных монолитных плит с комбинированным армированием.

Во второй главе «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА)» изложены параметры опытных образцов, методика проведения экспериментальных исследований, в том числе общие результаты исследуемых облегченных изгибаемых плит с комбинированным армированием по прочности, жесткости, трещиностойкости и анализу полученных результатов, совпадающих по характеристикам, и оценивается, как процент армирования и прочности бетона влияет на несущую способность и деформируемость представленных плит, на основании которых можно сделать выводы о подтверждении теории либо гипотезы научного исследования.

Для уточнения прочностных характеристик комбинированных плит были изготовлены и испытаны пять серий облегченных прямоугольных плит (рис.1) размерами 2260×1660×100 мм.

Первая серия облегченных плит (условное обозначение ОП-1) изготовлена полностью с традиционным армированием, из мягкой арматурной стали A_{sa}^k -2Ø12, A_{sb}^k - 2Ø10, A_{sa}^o 3Ø6, A_{sb}^o 4Ø8 класса А400. В остальных сериях использовалось комбинированное армирование, т.е. в крайних ребрах по длинной (A_{sb}^k) и короткой (A_{sa}^k) под номером (3,4) из стали, а в центральных ребрах по длинной

(АСК_b⁰) и короткой (АСК_a⁰) под номером (1,2) стороне во всех сериях выполнено из стеклопластиковой арматуры различных диаметров

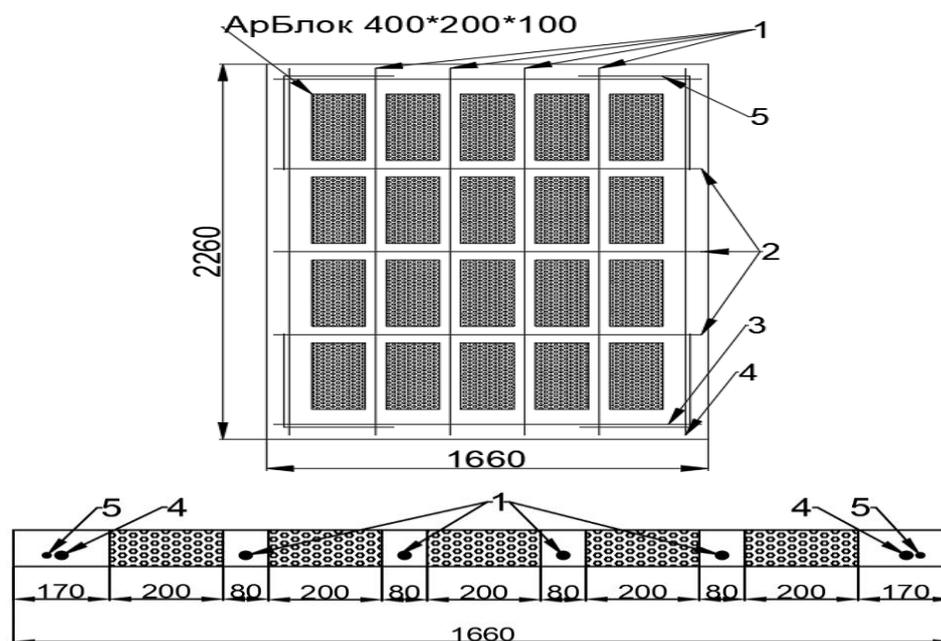


Рисунок 1. - Геометрическая характеристика и поперечное сечение плиты

1) АСК_b⁰ – местоположение арматур в центральных ребрах по длинной стороне, 2) АСК_a⁰) местоположение арматур в центральных ребрах по короткой стороне, 3) A_{sa}^k – местоположение стальной арматуры в крайних ребрах по короткой стороне, 4) A_{sb}^k – местоположение стальной арматуры в крайних ребрах по длинной стороне, 5) ребро жесткости

Для снижения собственного веса и уменьшения расхода материалов применяли арбалитовые блоки в качестве вкладыша облегчённых плит. Арболит – легкий бетон на цементном вяжущем, органических заполнителях и химических добавках, в том числе регулирующих пористость. Также он известен как древобетон.

Таблица 1. - Геометрические характеристики и армирование опытных образцов

Параметры		Серия				
		ОП-1	ОП-2	ОП-3	ОП-4	ОП-5
Прочность бетона на день испытания R_b (МПа)		24,80	24,56	29,31	12,41	13,08
Модуль упругости бетона по расчету E_b (МПа)		31000	30919	33242	21767	22454
Армирование	A_{sa}^k (см ²)	2Ø12 (2,62)	2Ø12 (2,62)	2Ø10 (1,578)	2Ø10 (1,578)	2Ø6 (0,566)
	A_{sb}^k (см ²)	2Ø10 (1,578)	2Ø10 (1,578)	2Ø12 (2,62)	2Ø12 (2,62)	2Ø10 (1,578)
	АСК _a ⁰ (см ²)	A_{sa}^0 3Ø6 (0,849)	3Ø8 (1,509)	3Ø6 (0,849)	3Ø6 (0,849)	3Ø4 (0,378)
	АСК _b ⁰ (см ²)	A_{sb}^0 4Ø8 (2,012)	4Ø8 (2,012)	4Ø10 (3,156)	4Ø10 (3,156)	4Ø8 (2,012)

Примечание: A_s – арматура стальная, АСК – арматура стеклопластиковая композитная по ребрам (a) и (b), где a – короткая сторона плиты, b – длинная сторона плиты (см. прим. рис 1).

Кроме того, в точках опор выполняется усиление в виде поперечной арматуры из стальной арматуры $\varnothing 6$ мм класса А400, чтобы исключить возможность разрушения плиты в опорах.

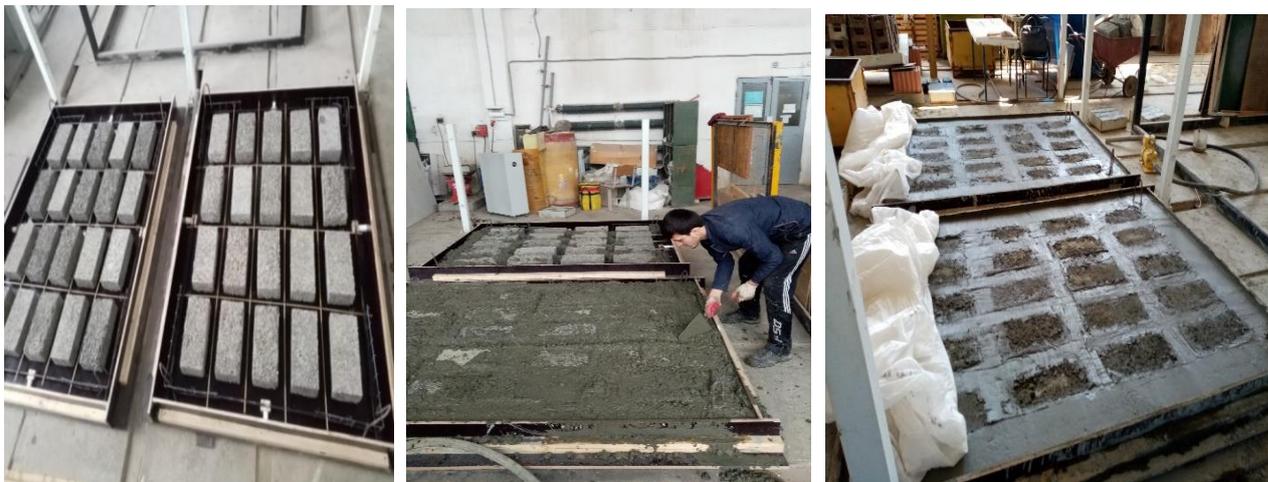


Рисунок 2. - Процесс подготовки и бетонирование образцов

Облегченные плиты устанавливались как свободно опертые, работающие в двух направлениях, и опирались по четырем углам. При этом по трем углам облегченных плит устанавливались шарнирные подвижные опоры, а четвертый угол опирался на шарнирно-неподвижную опору. Схема испытательной установки и расположение измерительных приборов приведены на рис. 3.

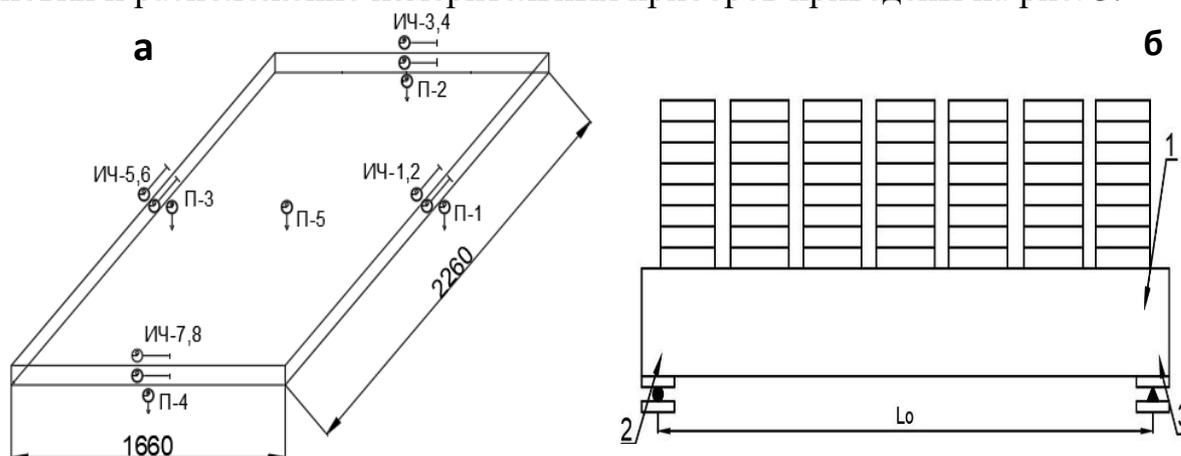


Рисунок 3. - (а) Расстановка приборов и схема нагружения экспериментальной плиты (б) при испытании

1) объект испытания, 2) шарнирно-подвижная опора, 3) шарнирно- неподвижная опора

Для измерения вертикальных прогибов использовались пять прогибомеров. Четыре на крайних ребрах длинной и короткой сторон (П-1,2,3,4) и один в центральной зоне плиты (П-5). А также четыре индикатора в середине пролета на уровне растянутой арматуры (ИЧ-1,3,5,7) и четыре индикатора в середине пролета на сжатой зоны бетона (ИЧ-2,4,6,8).

Результаты экспериментальных исследований рассматриваются отдельно для каждого образца. Вместо этого представлены различные категории данных и определены типичные поведения образцов. Объясняются любые отклонения от

общего поведения. В результате экспериментальных испытаний нами были получены следующие экспериментальные данные: характер разрушения, процесс образования и развития трещин, изменения прогибов и ширина трещин, величин разрушающих нагрузок, деформация удлинения и укорочения бетона в пролетных сечениях плит.

Согласно методу испытаний прогиб каждого образца был измерен в пяти точках в наиболее напряженных участках на основе теоретических и численных исследований. Максимальный прогиб каждого образца наблюдался в пятой точке (П-5), расположенной в центре плиты.

Деформация сжатия бетона была измерена в верхней части волокна бетона в середине пролета по длинной и короткой сторонам плиты. С образованием первой трещины в середине пролета деформация бетона заметно возрастает.

Показанная деформация растяжения бетона фактически состоит из двух компонентов: ширины трещины и удлинения в бетоне на поверхности. Поведение деформации растяжения бетона от нагрузки в некоторой степени почти аналогично поведению деформации арматуры от нагрузки.

Во время испытаний комбинированных плит были обнаружены два режима разрушения, а именно разрыв арматуры и разрушение бетона при сжатии. Встречались также почти сбалансированные условия разрушения образцов.

Согласно полученным данным использование стеклопластиковой арматуры оказывает существенного влияния на прочность комбинированных плит. Наибольшее отклонение наблюдается в жесткости плиты.

Ниже приведены результаты, полученные нами после проведения экспериментальных испытаний, для сопоставления данных с целью визуализации физической сущности экспериментального процесса.

Исходя из этого, можно сказать, что замена металлической арматуры на стеклопластиковую станет возможной, если будут скорректированы ограничения по определенным характеристикам. На рис. 4. представлено сопоставление разрушающих нагрузок и трещинообразование испытанных плит.

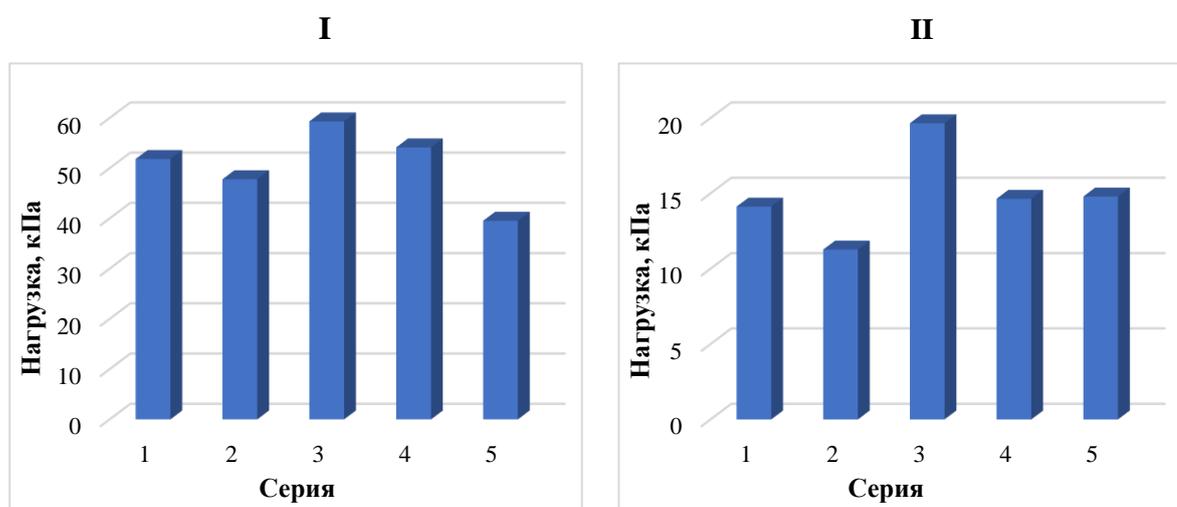


Рисунок 4. - Сопоставление разрушающих нагрузок и нагрузка по трещинообразованию: I) F_{ult} – экспериментальная разрушающая нагрузка; II) F_{cr} – экспериментальная нагрузка, соответствующая появлению трещин

Разрушающие нагрузки F_{ult} опытных образцов, как видно из графика, варьировались в пределах 14,45–33,45 %. Исходя из таблицы 1, видно, что с увеличением диаметра стеклопластиковых арматур прочность облегченных плит увеличивается на 9,75% применительно к серии 1 и на 20,37% к серии 2.

Следовательно, прочность снижается на 28,58 % по сравнению с серией 1, на 21,47 % по серии 2, на 37,6 % по серии 3 и на 31,64 % по серии 4. Характерные отличия арматуры приведены в таблице 1.

Опытная серия 2 также сопоставима с серией 5. На основе этих плит проанализируем влияние прочности бетона. Полученные данные (рис.5) показывают, что снижение прочности бетона и процента армирования плиты существенно влияет на характер разрушения и деформируемость опытных образцов.

Экспериментально разрушающая нагрузка серий 2, 5 различалась по характеру и поведению разрушения. Как видно из приведенных данных, изменение прочности бетона в значительной мере влияет на прочность образцов. Расхождение разрушающей нагрузки серии 2 составило +21,46 % по сравнению с серией 5.

До появления трещин в серии 2 при нагрузке 10,57 кПа наблюдалась пропорциональная зависимость, что говорит об упругой работе плит. Соответственно, после появления трещин плиты переходят ко второму этапу работ, т.е. работе плиты с момента образования трещин до значения эксплуатационной нагрузки – нагрузки, которая определяется пригодностью конструкций к нормальной эксплуатации ($F_{ser} = 0,7 F_{ult}$). Далее – работа с момента наступления эксплуатационной нагрузки до момента разрушения.

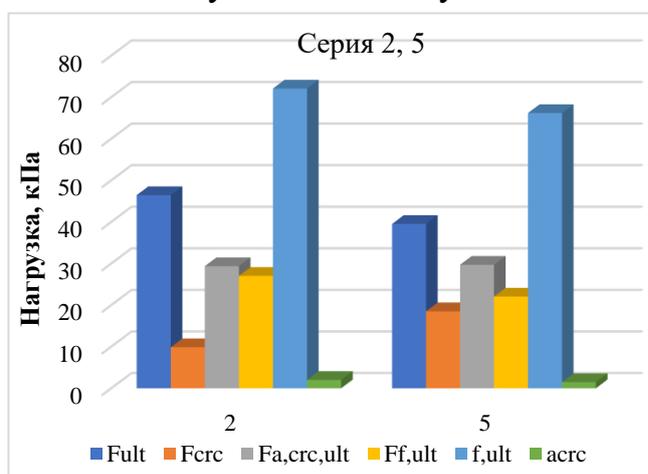


Рисунок 5. - Сопоставление НДС при изменении прочности бетона

F_{ult} – экспериментальная разрушающая нагрузка, F_{crc} – экспериментальная нагрузка, соответствующая появлению трещин, $F_{a, crc, ult}$ – экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимой ширине раскрытия трещин, $F_{f, ult}$ – экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимым прогибам, f_{ult} – экспериментальные прогибы, соответствующие величине экспериментально разрушающей нагрузки, a_{crc} – экспериментальная ширина трещин, соответствующая экспериментально разрушающей нагрузке

Экспериментальная нагрузка, соответствующая предельно допустимой ширине раскрытия трещин и допустимым прогибам по длинной стороне плиты, несмотря на прочность бетона, показала практически идентичную величину. Разница между сериями 2 и 5 составляет 0,40–1,94 %.

Вместе с тем следует отметить, что прогибы, соответствующие разрушающей нагрузке, также показали сопоставимые значения в центре плит. Расхождение прогибов в центре плиты превышало +26,23 %. Сравнивая прогибы

плит, можно установить, что с уменьшением прочности бетона и процентного содержания арматуры на короткой стороне плиты интенсивность разрушения плит увеличивается.

Значения ширины раскрытия трещины серии 5 при соответствующей разрушающей нагрузке существенно различались и были в 1,67 раза больше по сравнению с серией 2.

Как отмечено в таблице 1, процентное соотношение стальной арматуры в сериях 1, 2, 3 по краям плиты было неизменным, они различались только расположением. Основная разница в процентном содержании стальной арматуры по краям плиты наблюдалась в серии 5 – на 51,07 % меньше. Все это относится к краям плиты. В то же время было много различий в процентном соотношении армирования в центре плит. Как уже было отмечено выше, в центре плит использовалась только композитная арматура.

Одной из наиболее критических точек в рассматриваемой плите является центральная зона, при этом различия в процентном отношении армирования были в центре плиты. Поэтому зависимость *нагрузка – прогиб* всех образцов в центральной зоне плиты показана на рис. 6.

Прогибы в центральной зоне (П5) при разрушающей нагрузке свидетельствуют о том, что использование стеклопластиковой арматуры в центре плиты практически до двух раз уменьшает жесткость плит по сравнению со стальной арматурой. После образования трещин кривые *нагрузка – прогиб* по форме аналогичны поведению соответствующей арматуры, что отражает тот факт, что деформации арматуры оказывают большее влияние на общее поведение, чем деформации бетона.

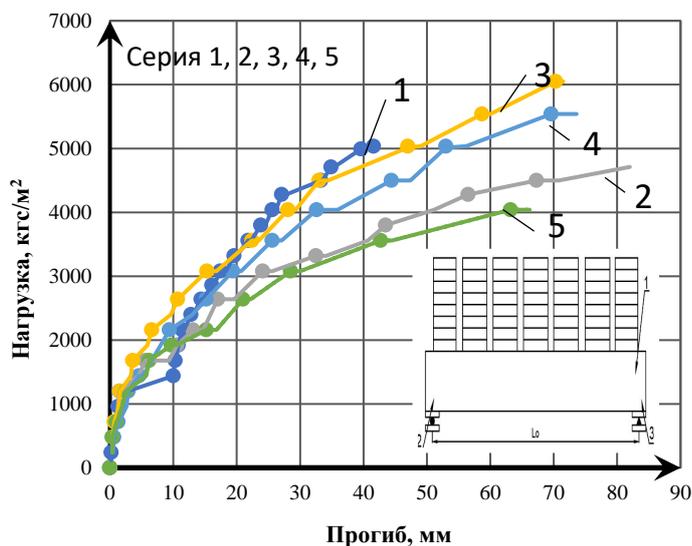


Рисунок 6. - Сопоставление зависимости *нагрузка – прогиб* всех серий в центральной части плиты

Как показано на графике, с увеличением процента армирования в центре плиты несущая способность образцов увеличивается, но при этом повышается деформативность комбинированных плит.

Стоит отметить, что полученные данные свидетельствуют о довольно хороших результатах, так как модуль упругости стеклопластиковой арматуры в четыре раза меньше, чем у стальной. Это означает, что предлагаемая комбинированная плита увеличивает жесткость плит почти в два раза.

Результаты, полученные после экспериментальных исследований, свидетельствуют о том, что влияние расположения арматуры в работе комбинированных плит достаточно существенно.

На рис. 7, 8 представлены результаты прогибомеров всех серий на длинной и короткой сторонах комбинированных плит, демонстрирующие поведение устройств во время экспериментальных исследований.

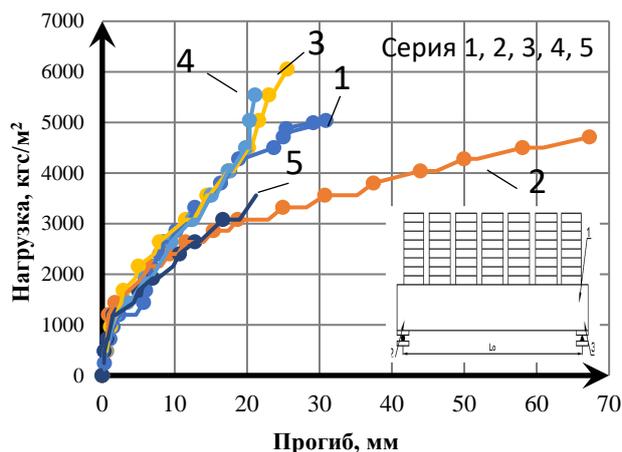


Рисунок 7. - Сопоставление зависимости нагрузка – прогиб всех серий по краям ребер в середине длинной стороны плиты

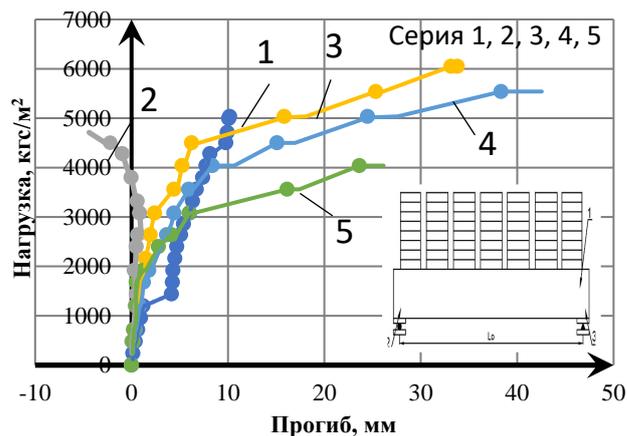


Рисунок 8. - Сопоставление зависимости нагрузка – прогиб всех серий по краям ребер в середине короткой стороны плиты

Опытные значения прогибов для комбинированных плит подтверждают, что их деформируемость зависит от процента композитной арматуры. Анализируя полученные графики, можно отметить, что замена стальной арматуры на композитную, а также изменение ее расположения позволяют в некоторых образцах более пропорционально перераспределять напряжения по всей поверхности комбинированных плит.

На рис. 7. сравнивается поведение *нагрузки* и *прогиба* всех серий по краям ребер в середине короткой стороны комбинированных плит. В отличие от стальных плит, плиты из стеклопластиковых арматур демонстрируют более пластичное поведение и быстро развивающиеся прогибы. Однако предельные прогибы в обоих случаях сравнимы, что может компенсировать пластичность и служить предупреждением перед выходом из рабочего состояния.

Прогибы уменьшаются с увеличением степени армирования, но требуются очень высокие коэффициенты композитного армирования, чтобы прогиб в этом диапазоне был сопоставим с коэффициентом в плитах со стальным армированием, это значит, что конструкции из композитных арматур можно контролировать с помощью предельного состояния эксплуатационной пригодности.

В третьей главе «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА)» приведено компьютерное моделирование для определения отклонений, испытанных натурным экспериментом.

В данной главе расчет облегченных изгибаемых плит с комбинированным армированием выполнен с помощью ПК ЛИРА-САПР 2021 R1, в виде трехмерной модели в нелинейной постановке, в которой учитывается физическая нелинейность материалов с учетом шагового нагружения.

Всего рассматривалось пять расчетных схем с различными физическими параметрами. Расчеты выполнены в программном комплексе ЛИРА-САПР 2021 R1 в виде трехмерной модели, свободно опирающиеся по четырём углам от действия равномерно-распределенных нагрузок.

Нелинейный процессор предназначен для решения физически и геометрически нелинейных, а также задач с наличием конструктивной нелинейности и предварительного напряжения.

Для решения нелинейных задач процессор организует пошаговое нагружение конструкции и обеспечивает решение линеаризованной системы уравнений на каждом шаге для текущего приращения вектора узловых нагрузок, сформированного для конкретного нагружения.

Разработка информационной схемы является отправным пунктом численного моделирования. В ней в графической форме показаны диапазоны изменения факторов, влияющих на прочность и жесткость исследуемого объекта и их взаимосвязь.

Элемент конструкции моделируется как сетка конечных элементов. Образцы моделировались из объемных и стержневых конечных элементов. Для объемных элементов (моделирование бетона и арболитовых блоков) выбран конечный элемент (КЭ) 236 - пространственный 8-ми узловой изопараметрический элемент (произвольный гексаэдр). Композитная арматура моделировалась КЭ типа 410, а металлическая КЭ типа, 210 в которых учитывается физическая и геометрическая нелинейность. Общий вид модели бетона и арматуры представлен на рис. 9.

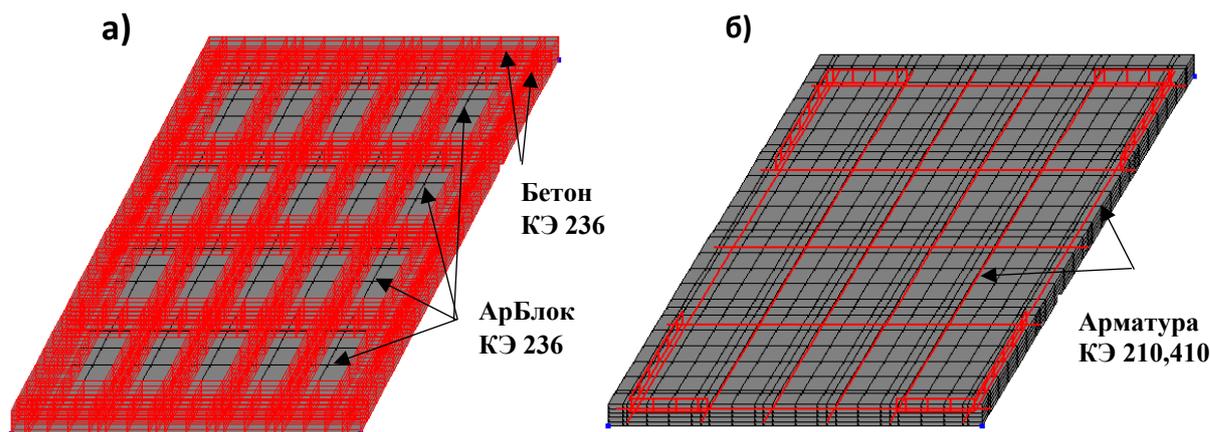


Рисунок 9. - Общий вид модели в ПК ЛИРА (а) Общий вид модели бетона, (б) Вид армирования модели образца

В ходе компьютерного исследования каждый образец последовательно нагружался, начиная от нулевой нагрузки до разрушения, которое происходило от действия равномерно распределенной нагрузки при достижении предела текучести арматуры и предела прочности бетона.

Критерием разрушения является достижение предельных напряжений по главным площадкам в группе конечных элементов и потерей геометрической неизменяемости системы.

При расчете разрушение всех образцов произошло вдоль пролетного сечения длиной (1-3) и короткой (4,5) сторон плиты. Разрушающая нагрузка была вызвана превышением предела текучести в стальной арматуре и геометрической изменчивостью на последних этапах нагружения. Отклонение разрушающих нагрузок по сравнению с первым образцом, который полностью армирован стальной арматурой, колеблется от -20,67% до +25,10%.

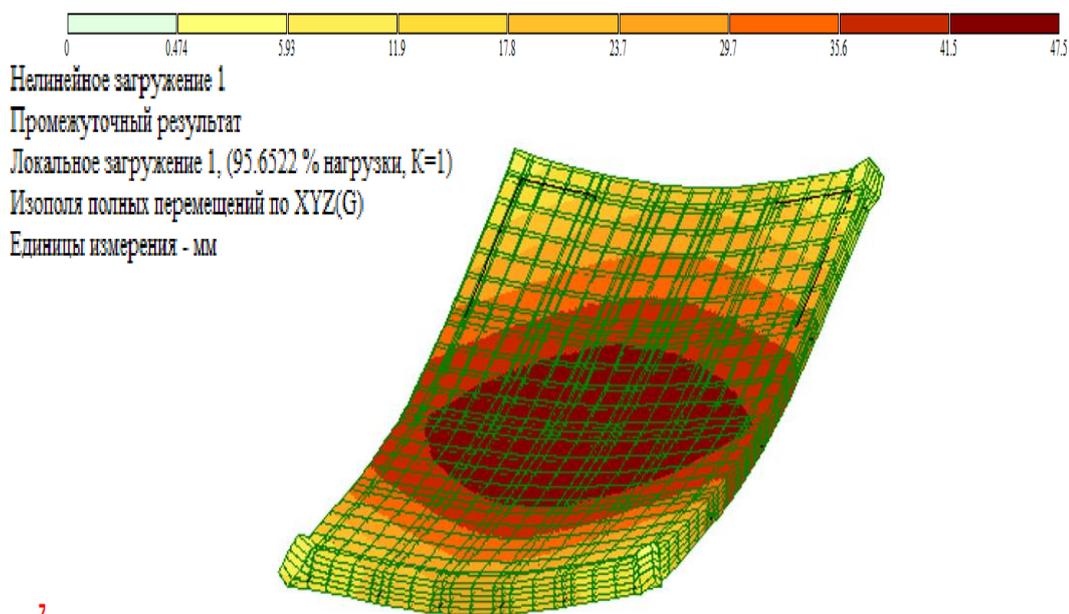


Рисунок 10. - Изополю полных перемещений по XYZ

На основании графика максимальных прогибов можно увидеть три характерные стадии НДС плиты: до появления трещин, после появления трещин и стадия разрушения. А также наблюдается, что изменение прочности бетона и использование стеклопластиковой арматуры в 1,31-2,03 раза влияет на жесткость плит по сравнению с первым образцом. На рис. 11. представлены результаты максимальных прогибов для всех серий.

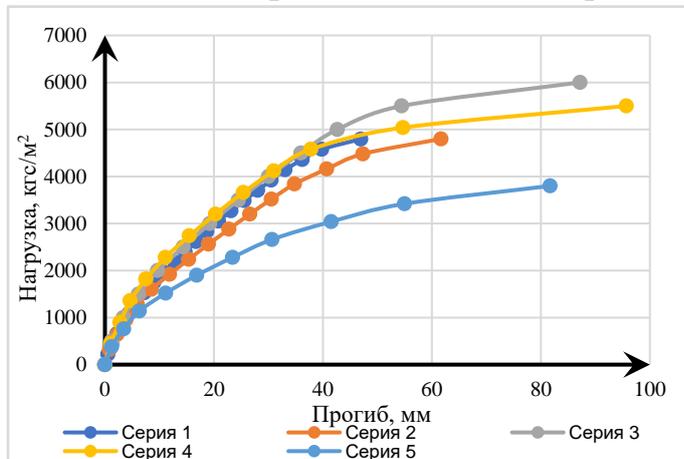


Рисунок 11. - График максимальных прогибов при разрушающей нагрузке

На рис. 12а показаны зависимости максимальных напряжений в сжатом и растянутом сечениях бетона, что указывает на нелинейное поведение бетона и максимальное напряжение в арматуре при разрушающей нагрузке всех образцов от пошагового нагружения. Отклонение напряжений в сжатой зоне бетона составляет 5,65-14,99 МПа. В растянутой зоне бетона от 0,7-1,34 МПа.

На рис. 12б показана зависимость напряжения от нагрузки в арматуре, которая выходит из строя на последнем этапе нагружения. Зависимость напряжения от нагрузки в арматуре также имеет нелинейный характер. В ходе испытаний наблюдалось перераспределение напряжения по арматуре. На начальных стадиях нагружение в основном воспринимает большое напряжение стальной арматуры по краям плиты при 30,52 % от разрушающей нагрузки, напряжение достигает от 208,48-346,69 МПа, затем напряжение перераспределяется вдоль центра плиты, где напряжение достигает 1019,51 МПа, что приводит к разрушению.

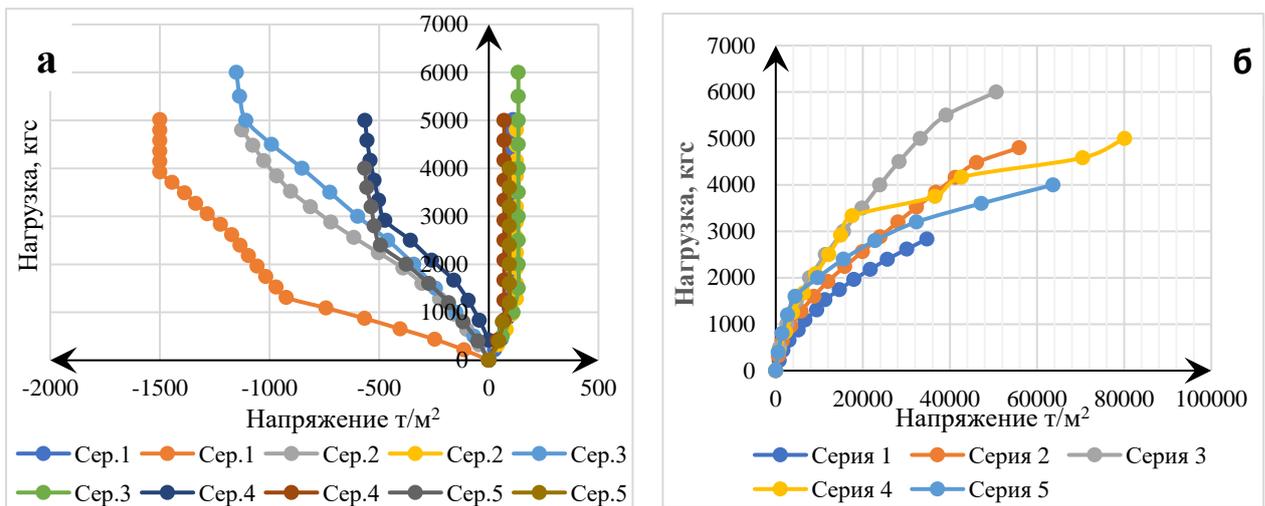


Рисунок 12. - Графики максимальных напряжений бетона и арматуры
(а) напряжение в сжатой и растянутой сечениях бетона, **(б)** зависимость “нагрузка-напряжение” в арматурах, расположенных в центре плиты

Основным фактором, влияющим на изменение деформации бетона, может быть проникновение трещин и их раскрытие. Ожидается, что при более глубоком проникновении и более широких трещинах деформации бетона будут более локализованными вокруг трещины, и изменение деформации может сильно отличаться от средних условий.

В четвертой главе «МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЛЕГЧЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С КОМБИНИРОВАННЫМ АРМИРОВАНИЕМ (ОПКА)» приводятся методика расчета и сравнительный анализ результатов облегченных плит с комбинированным армированием по несущей способности и деформативности ОПКА, полученных теоретическим, компьютерным моделированием и экспериментальным путем.

После проведения экспериментальных исследований и анализа данных установлено, что замена металлической арматуры в средней зоне плит композитной арматурой (при других одинаковых параметрах) привела к уменьшению разрушающей нагрузки на 5-9%. При этом прогибы, соответствующие этой нагрузке, увеличились в 1,2 раза. Нагрузка, при которой появляются трещины, снизилась на 25%. Связи с этим была поставлена задача на основе прямого сопоставления теоретических и опытных данных оценить степень их сходимости.

Расчетные значения деформаций арматуры (стальной, композитной), бетона, арболитовых блоков для эксплуатационной стадии комбинированных плит с армированием стеклопластиком определялись в соответствии с действующими нормами и фактическими исследованиями. Для того чтобы приблизить расчеты к реальному поведению предлагаемой модели, формулы, входящие в действующие нормы и рекомендации, были рационально изменены на основании исследований отечественных и зарубежных работ и рассчитаны по предлагаемой методике, приведенной ниже.

Соответственно несущая способность плит, работающих в двух направлениях, определяется, как правило, по методу предельного равновесия, как наиболее простому, по сравнению с другими методами, который позволяет

достаточно просто и достоверно определять несущую способность элементов конструкций. При расчете методом предельного равновесия предполагается, что плита разламывается на плоские звенья (полосовое и смежное), соединенные друг с другом по линиям излома линейными пластическими шарнирами.

Определяем предельную расчетную нагрузку при изломе средней полосы плиты в предположении, что в рассматриваемой полосе образуются линейные пластические шарниры, параллельные оси этой полосы: один линейный пластический шарнир в пролете с раскрытием трещин снизу и по одному линейному пластическому шарниру у опор с раскрытием трещин сверху.

$$q \frac{a \times b^2}{8} = M_{int} \quad (1)$$

$$M_{int} = R_s A_s Z_{np} = R_s (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c) \quad (2)$$

$$q \frac{l_y (l_x - 2c_x)^2}{8} = R_s \times A_{s,np} \times Z_{np} = R_s \times A_{s,np}^{мет} + R_f \times A_{f,np}^{пл} \quad (3)$$

При расчете на смежных изломах принимается, что в пролете в середине образуются взаимно перпендикулярные и взаимно параллельные линейные пластические шарниры с раскрытием трещин внизу. Плита разделяется этими пластическими шарнирами на четыре звена, вращающихся вокруг опорных линейных пластических шарниров, оси которых расположены в зоне опор, как правило, ниже плиты, под углом к рядам опор.

$$q \frac{l_x \times l_y}{8} \left(\frac{l_x + l_y}{2} \right) = M_{ext} \quad (4)$$

$$M_{ext} = \frac{R_s}{2} (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c) \quad (5)$$

$$q \frac{l_x \times l_y}{8} \left(\frac{l_x + l_y}{2} - 2c + \frac{4}{3} \times \frac{c^3}{l_x \times l_y} \right) = \frac{R_s}{2} (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c); \quad (6)$$

$$\left[\frac{R_s}{2} \times A_{s,np}^x \times Z_{np}^x + \frac{R_f}{2} \times A_{f,np}^x \times Z_{np}^x \right] + \left[\frac{R_s}{2} \times A_{s,np}^y \times Z_{np}^y + \frac{R_f}{2} \times A_{f,np}^y \times Z_{np}^y \right] \quad (7)$$

где q — заданная равномерно распределенная нагрузка на плиты; $l_x=166$ см — размер плиты в направлении, перпендикулярном оси рассматриваемой полосы; $l_y = 220$ см — размер панели в направлении вдоль полосы; $c_x = 13$ см — расстояние от крайнего пластического шарнира до ближайшего к нему ряда опор; $A_{s,кр}$ — площадь сечения стальных арматур по краям плиты; $A_{f,np}^{пл}$ — площадь сечения стеклопластиковых арматур в середине плиты; R_s — расчетное сопротивление стальной арматуры, R_f — расчетное сопротивление композитной арматуры Z_k и Z_n — плечи внутренних пар соответственно в крайней и средней плитах.

Последовательность расчета комбинированных плит по деформативности представлен на рисунок 13-14.

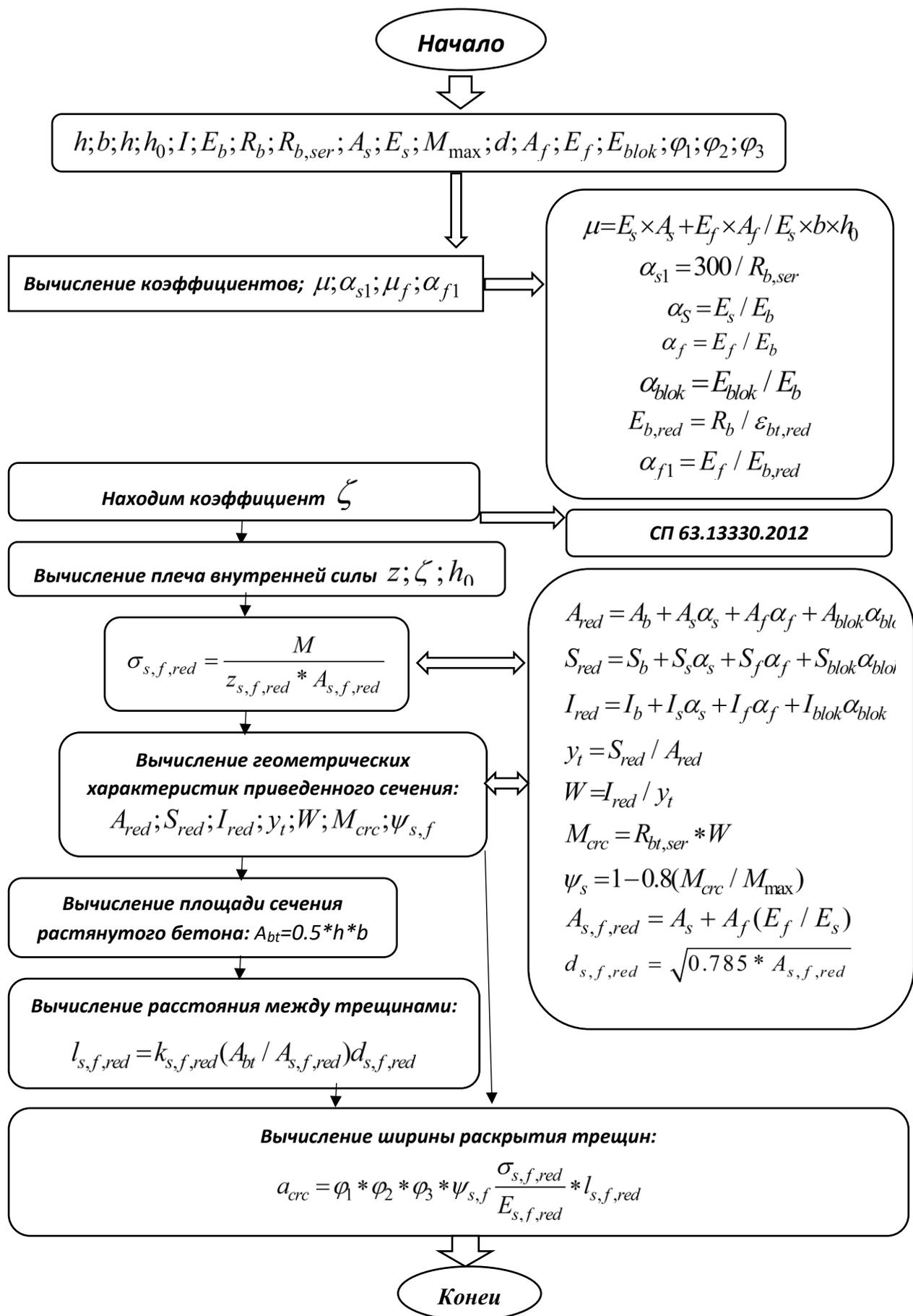


Рисунок 13. - Блок-схема для расчета образования и ширины раскрытия трещин для комбинированных плит

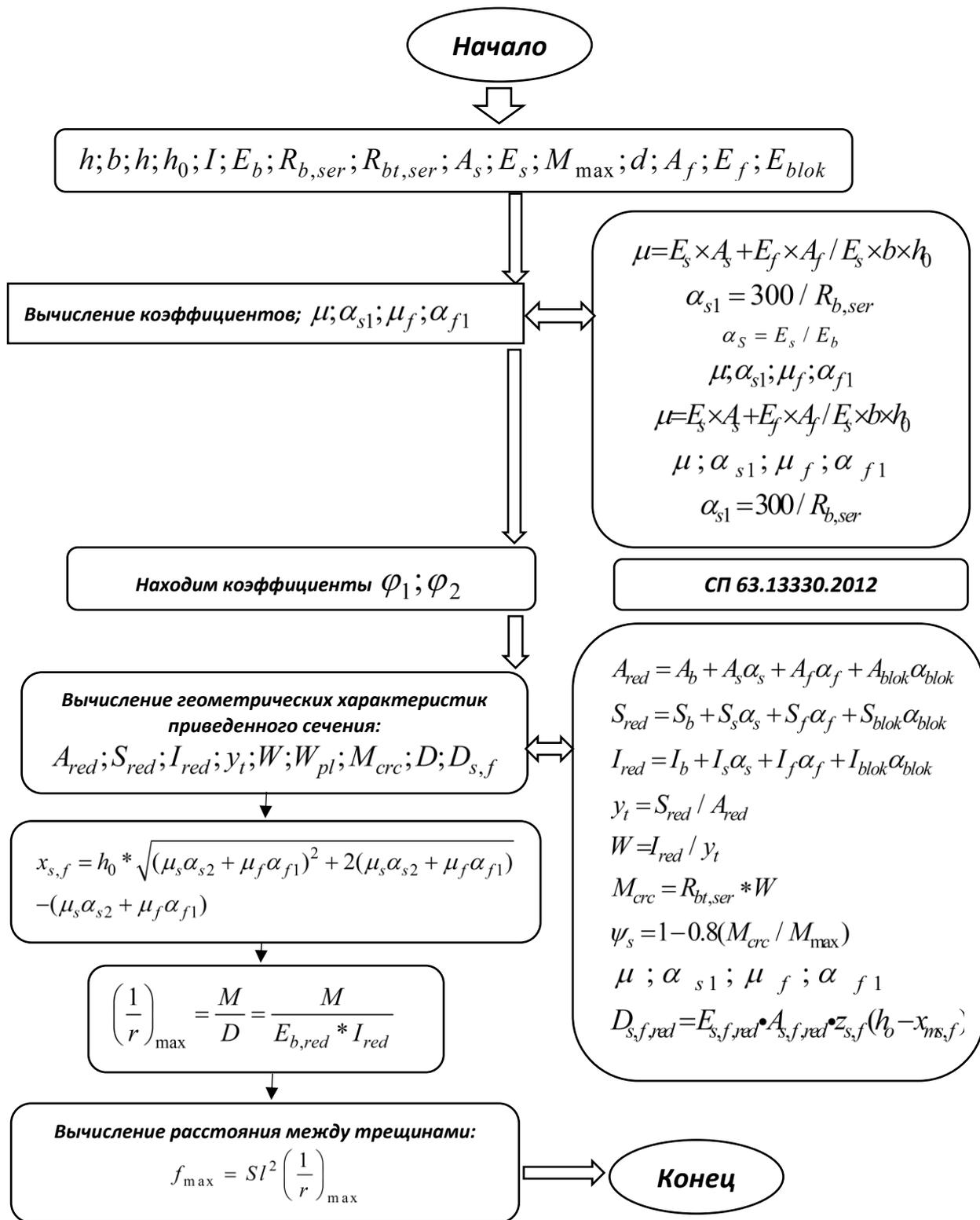


Рисунок 14. - Блок-схема расчета по деформациям для комбинированных плит

Фактическая несущая способность комбинированных плит со стеклопластиковой арматурой, полученная экспериментально, оказалась выше их несущей способности, определенной методом предельного равновесия. При сравнении несущей способности экспериментальных значений с компьютерным моделированием при тех же параметрах и прочностных характеристиках разрушающие нагрузки и характер разрушения практически совпали, отклонение составляло 7,76-8,36%, что свидетельствует о достоверности результатов экспериментальных исследований. На (рис.15) представлено сопоставление данных по несущей способности.

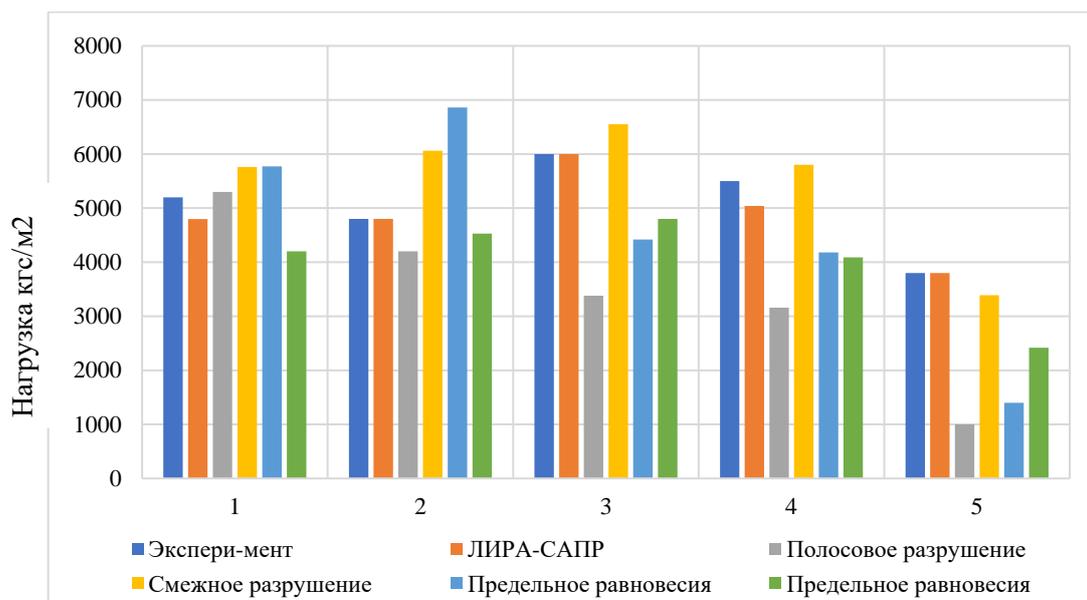


Рисунок 15. - Сопоставление данных по прочности

Экспериментальные разрушающие нагрузки как в обычной, так и в комбинированной арматуре превышают теоретические значения. Для полностью армированной стали превышение составляет -9,89% на полосовое, +19,23% на смежное разрушение, а для комбинированного армирования для серии 2,3 на полосовое разрушение 26%, а для смежного разрушения 5,62-20%. Величина превышения зависит от степени армирования и прочностных характеристик бетона. При этом наблюдается, что для серии 4,5, у которой процент арматуры и класс бетона ослаблен на 50%, экспериментальная несущая способность значительно превышает метод предельного равновесия на полосовое разрушение 76 % для 4-ой серии, в 2,72 раза для 5-ой серии. При смежном разрушении 74,36 % для 4-ой серии, 63,6 % для 5-ой серии.

Экспериментальная нагрузка, соответствующая появлению трещин, превышает значение теоретического расчета для серии 1-3 от 4,10-27,76% Далее для серии 4,5 намного выше 1,93раза. Для компьютерного моделирования превышение нагрузки, соответствующей появлению трещин, составляет от 5,61-32,69%.

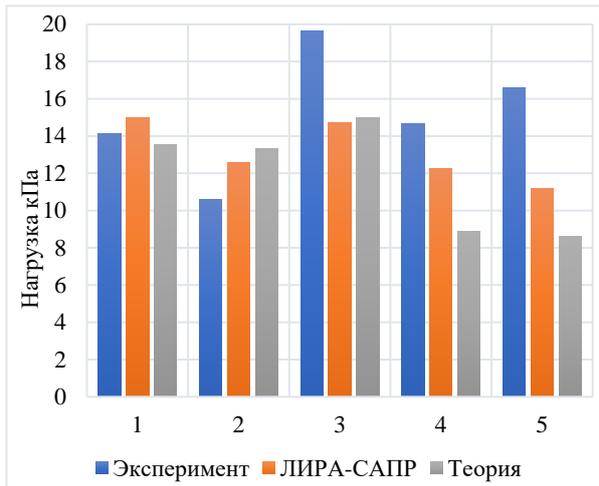


Рисунок 16. - Сопоставление данных по трещинообразованию

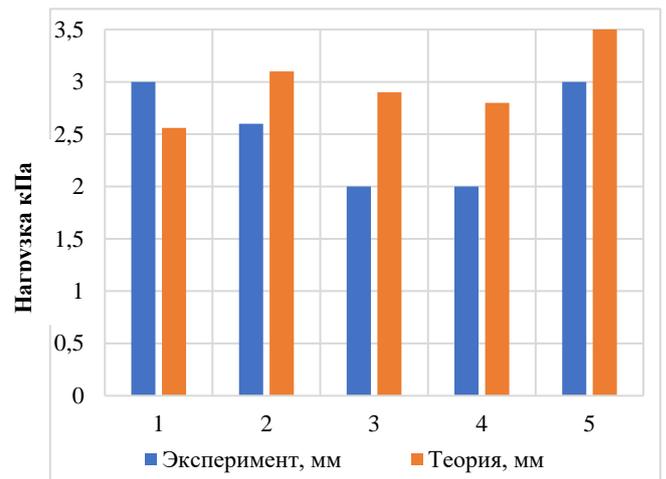


Рисунок 17. - Сопоставление данных по раскрытию трещин

Рассматривая приведенные таблицы, можно отметить, что теоретическая ширина раскрытия трещин недооценивает серию 1 на 14,66% (рис. 17). Сравнение экспериментальных и теоретических данных по ширине раскрытия нормальных трещин в комбинированных плитах с учетом предлагаемого метода показывает удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными, значение теоретического $A_{сгс}$ в большей степени завышает экспериментальную ширину раскрытия трещины для серий 2,3,4,5, отклонение составляет от 14,77-31,03%

Оценивая результаты прогибов, можно отметить, что в среднем это превышение для теоретического расчета составляет от 2,59-13,14%. А для компьютерного моделирования отклонение составляет от 10,56-30,47%.

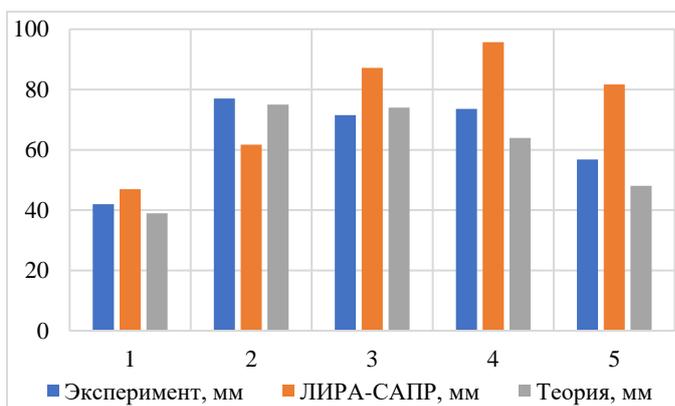


Рисунок 18. - Сопоставление данных по прогибам

Аналитические исследования облегченных плит с комбинированным армированием при действии поперечной нагрузки для оценки эффективности и надежности предложенного метода расчета показали схожий между собой характер деформирования, трещинообразования и разрушения.

Обобщая, можно сделать вывод, что наибольшее количественное расхождение между экспериментальными данными и аналитическими расчетами наблюдается для серии 4,5, несмотря на это компьютерное моделирование качественно подтверждает картину разрушения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Основные научные результаты диссертации

1. Предложенный вариант облегченных плит с комбинированным армированием, основанный на теоретических и инженерных подходах, позволяет значительно снизить материалоемкость в строительстве и способствует частичному использованию композитной арматуры. На основе анализа опыта применения комбинированных конструкций имеющих теоретических и экспериментальных исследований видна тенденция к повышению интереса застройщиков. Поэтому совершенствование таких конструкций и систем из них, а также проведение экспериментально-теоретических исследований является актуальной задачей [8-А].

2. Получены новые экспериментальные данные о сопротивлении комбинированной конструкции плит изгибаемых в двух направлениях. Данные необходимы для разработки рекомендации по проектированию конструкций и систем из них [2-А].

3. Физическая исследования и анализ данных показали рациональность применения комбинированного армирования для облегченных плит, от действия поперечной нагрузки. Комбинированные плиты полностью со стальной арматурой в отличие от плиты из композита демонстрируют пластичное независимо от коэффициента армирование (серия 2,3,4) и хрупкое поведение (серия 5). Однако предельные деформации сопоставимы в обоих случаях, что может компенсировать пластичность и служить достаточным предупреждением перед разрушением [7-А].

4. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния облегченных плит с комбинированным армированием на основе программы ЛИРА САПР 2021 R1 позволяет получить приемлемые для технического расчета результаты, близкие к экспериментальным данным [3-А].

5. Теоретический анализ показал, что существующие методы расчета пригодны для практического использования, но требуется доработка и совершенствование методов с целью более точного соответствия опытам и обеспечению надежности [4-А].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Чтение лекций при магистерской подготовке и для специалистов по уникальным зданиям и сооружениям.

2. Использование результатов анализа экспериментальных данных для совершенствования теории сопротивления комбинированных конструкций применительно к плитам, изгибаемым в двух направлениях.

3. Использование экспериментальных данных при разработке нелинейной механики неоднородных конструктивных систем.

4. Использование предлагаемого варианта комбинированной конструкции каркасно-панельных систем при строительстве малоэтажных зданий различного назначения с целью экономии материалов и их рационального размещения.

Основное содержание диссертации изложено в следующих изданиях:
Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК Российской Федерации и ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

[1-А] Шарифов А.Х. Результаты экспериментальных исследований облегченных монолитных плит перекрытий с комбинированным армированием / Ю.А. Иващенко, А.Х. Шарифов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 14–21. DOI: 10.14529/build200302

[2-А] Шарифов А.Х. Экспериментальные исследования прочности, жесткости и трещиностойкости облегченных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А.Дж. Рахмонзода // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 5–15. DOI: 10.14529/build210401

[3-А] Шарифов А.Х. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния облегченных изгибаемых плит с комбинированным армированием (ОПКА) / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А.Д. Рахмонзода, И.С. Дербенцов, С.И. Рахимов // Политехнический вестник. Серия «Инженерные исследования». – 2022. - № 2(58) 2022. С. 164-170.

[4-А] Шарифов А.Х. Методика расчета облегченных изгибаемых плит с комбинированным армированием (ОПКА) по прочности, жесткости и трещиностойкости / А.Х. Шарифов // Политехнический вестник. Серия «Инженерные исследования». – 2022. - № 4(60) 2022. С. 132-139.

В других изданиях

[5-А] Sharifov A.Kh. Experimental Studies of Lightweight Slabs with Combined Reinforcement / Abubakr Sharifov, Yuliy Ivashenko, Ahmadjon Rakhmonzoda, Ilkhom Yatimov, Azamjon Mahmudov // AIP Conference Proceedings 2632, 020011 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0099007>

[6-А] Шарифов А.Х. Анализ результатов исследований облегченных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А.Дж. Рахмонзода // Материалы международной научно-практической конференции «Технические науки и инженерное образование для устойчивого развития» – часть 2 // Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими. Душанбе. - 2021. С. 157–165

[7-А] Шарифов А.Х. Анализ экспериментальных данных облегченных железобетонных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов // Строительный вестник Тюменской области, журнал «Архитектура, строительство, транспорт», 2022. № 4 (102). С. 36–45

[8-А] Шарифов А.Х. Облегченная железобетонная плита с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А. Дж. Рахмонзода // VI Международная (XII Всероссийская) конференция Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022. Чебоксары: ИД «Среда» 2022. – С. 163–173.

**МУАССИСАИ ТАЪЛИМИИ МУСТАҚИЛИ ДАВЛАТИИ
ФЕДЕРАЛИИ ТАҲСИЛОТИ ОЛӢ
"ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ УРАЛИ ЧАНУБӢ
(ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТАДҚИҚОТӢ)"**

**ДОНИШГОҲИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН
ба номи академик М.С.Осимӣ**

УДК 624.012.45

Ба ҳуқуқи дастнавис

ШАРИФОВ Абубакр Ҳайдарович

**ТАҲҚИҚОТИ ПЛИТАҲОИ САБУК БО
АРМИРОНИИ ОМЕХТА**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи

номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси

05.23.01 – Конструксияҳои сохтмонӣ, биноҳо ва иншоот

Душанбе - 2023

Кори диссертатсионӣ дар ду ташкилот иҷро карда шудааст Донишгоҳи давлатии Урали Ҷанубӣ ва Донишгоҳи техникий Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Роҳбарони илмӣ:

Ивашенко Юлий Алексеевич

Доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи «Конструксияҳои сохтмонӣ ва иншоот» «ДДУҶ (ДМТ)»

Раҳмонзода Аҳмадҷон Ҷамолидин

Номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи «Сохтмони саноатӣ ва шахрвандӣ» ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ

Муқарризони расмӣ:

Раззоков Сайидмахсуд Раҳмонович - доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи «Конструксияҳои сохтмонӣ»-и Донишгоҳи давлатии меъморӣ сохтмони Самарканд ба номи М. Улугбек

Сангинов Абдусамад Мирвафоевич — номзади илмҳои техникӣ, ходими пешбари илмии лабораторияи тобоварии сейсмики биноҳо ва иншооти ИГСС АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муассисаи пешбар:

Корхонаи воҳиди давлатии «Пажӯҳишгоҳи илмӣ-тадқиқотии сохтмон ва меъморӣ» - и Кумитаи меъморӣ ва сохтмони назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳимоя мешавад «30» июни 2023с. соати 14⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.КОА-027 дар назди Донишгоҳи техникий Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ бо суроғай: 734042, ш. Душанбе, кӯчаи академикҳо Раҷабовҳо, 10А.

E-mail: dis.sia@mail.ru

Бо матни диссертатсия дар китобхона ва сонаи ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ шинос шудан мумкин аст, www.ttu.tj

Автореферат фиристонида шуд « » май 2023 сол

Котиби илмии
шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои техникӣ, дотсент

Раҳмонзода А.Ҷ.

Муқаддима

Мубрамияти мавзӯи таҳқиқот. Дар амалияи сохтмони муосир ва дар замони пешрафти илму техникаи технологияҳои навтарин ба тамоми ҷабҳаҳои фаъолияти инсон, аз ҷумла ба истеҳсоли сохторҳои инноватсионӣ таъсир мерасонанд. Агар пештар сохтмони биноҳо ва иншоот бо харчи зиёди иқтисодӣ ва меҳнаталабӣ амалӣ мешуд, ҳоло ин харочот ба туфайли истифодаи бурдани технологияҳои ҳозиразамон чандин баробар кам шудааст. Яке аз технологияҳои навтарини истеҳсоли ҳозиразамони конструксияҳои сохтмонӣ истифодаи бурдани элементҳои конструксияи сабук мебошад, ки дар он сарфи маводҳо хеле кам мешавад. Бинобар ин, усули истифодаи масолеҳи омехта, яъне арматураи пулодӣ ва композитӣ ҳангоми сохтани конструксияҳои сабук метавонад самаранокии баландтарини онҳоро таъмин кунад.

Дар тули тахминан 200 сол арматураи пулодӣ дар истеҳсолоти сохтмонӣ ба сифати армиронии унсурҳои конструксияҳои оҳанубетонии бино ва иншоот истифода карда мешаванд. Арматураи пулодӣ дар тули солҳои истифодаи он дар конструксияҳои оҳанубетонии бино ва иншоот самаранокии худро нишон дод, ба истиснои ҳолатҳои, ки конструксияҳои оҳанубетони дар муҳити агрессивӣ истифода мешаванд ва аз зангзании арматураи пулодӣ конструксия тез ба вайроншавӣ дучор мешавад. Аз ҳамин сабаб истифодаи арматураи композитӣ (шишапластикӣ, базалтпластикӣ, карбонпластикӣ, нахҳои арамидӣ), ба сифати масолеҳи армиронишаванда барои бартараф намудани муҳити агрессивӣ, актуалӣ мебошад.

Дар асоси хусусиятҳои арматураи композитӣ, истифодаи онҳо дар конструксияҳои қатшаванда маҳдуд аст. Ҷарсии арматураи композитӣ ва омузиши нокифояи конструксияҳои сабук ба истифодаи онҳо дар бисёр ҳолатҳо монеъа пайдо менамояд. Асосан ин ҳолат бо модули начандон калони чандирии арматураи композитӣ, шаклтағйирҳои калон дар унсурҳои конструксияҳо, таъсири гарми ва ғайра алоқаманд мебошад.

Аз сабаби он, ки арматураи композитӣ ва конструкцияҳои сабук як қатор хусусиятҳои хос доранд, зарурати таҳқиқоти ҳолати шиддатию шаклтағйирнокии плитаҳои сабук бо армиронии омехта барои кам кардани шаклтағйирнокӣ ва камтар намудани сарфи меҳнату масолеҳ дар истеҳсолоти сохтмонӣ зарур аст. Гузашта аз ин, азбаски Ҷумҳурии Тоҷикистон минтақаи дорои фаъолияти сейсмикии зиёд ба ҳисоб меравад, истифодаи масолеҳҳо ва конструксияҳои дар боло қайдгардида дар баланд бардоштани устувории сейсмикии бино ва иншоотҳо дар маҷмӯъ метавонад нақши муҳим дошта бошад.

Дарачаи омӯзиш ва коркарди мавзӯ. Истифодаи арматураи шишапластикӣ дар сохтмони шаҳрвандӣ якумин маротиба солҳои 1960 барои ҳалли зангзании пулҳои роҳҳо ва иншоот, ки ба таъсири намаки баҳрӣ гирифта шуданд, истифода гардиданд. Арматураи композитӣ рӯз то рӯз масолеҳи сохтмони амалии алтернативӣ мегардад, ки дар ин чода арматураи пулодиро дар конструксияҳои бетонӣ иваз менамояд. Дар натиҷа тули 50 соли охир истифодаи ин гуна арматура зиёд гардид ва сегментҳои унсурҳои бетонӣ дар бисёр соҳаҳои сохтмонӣ иваз гардиданд. Истифодаи арматураи композитӣ

бо усули армиронии омехта, ивази арматураи пулодии традициониро ба арматураи шишапластикӣ ва дигар намудҳои арматураи композитӣ мусоидат менамояд. Арматураи композитӣ дар муҳити агрессивӣ самаранок мебошад ва хусусиятҳои хуби пайдорино дар муқоиса бо арматураи пулодӣ таъмин менамояд. Арматураи композитӣ ва масолеҳи композитӣ бисёртар барои пурқувват намудани унсурҳои оҳанубетонӣ ва ё барои қисман иваз намудани арматураи пулодӣ бо тарзи армиронии омехта истифода мешаванд. Усули армиронии омехта як қатор камбудии унсурҳои бетонино, ки бо пуррагӣ ба арматураи композитӣ армиронишудааст, бартараф менамояд, ва шаклтағйирнокии онҳоро хубтар менамояд.

Армиронии омехтаи конструкцияҳои бетонӣ қисман иваз намудани арматураи пулодино бо арматураи композитӣ мефаҳмонад. Чунин ивазшавӣ дар конструкцияҳои қатшавандаи милагӣ ва ҳамвор (плитаҳо) ба роҳ монда мешавад. Конструкцияҳо омехта аз якҷанд масолеҳҳо ва равандҳои технологӣ иборат буда, аз ҷумла дар истифодаи маводҳои васлӣ ва монолитӣ (яклухт), шиддати пешакӣ истифода мешавад,

Омехтагии (комбинатсияи) масолеҳҳо дар ҳамаи равандҳои илм, инчунин дар конструкцияҳои сохтмонӣ низ ҳамаруза инкишоф меёбад ва ҷойи муайяни худро ишғол менамояд. Омӯзиш ва таҳқиқоти комбинатсияи масолеҳҳо барои сохтсозии нави равандҳои технологӣ ва ё ихтироот имконият фароҳам меорад. Ҳануз дар солҳои 90 – уми асри гузашта профессор Шмуклер В.С. майдапораҳои коркардшудаи пенополистирол барои кам намудани масрафи масолеҳҳо барои унсурҳои гуногуни оҳанубетонӣ аз бетони вазнин ва сабук тавсия дода буд.

Проблемаҳои конструкцияҳои бетонӣ бо армиронии омехта дар таҳқиқотҳои илмии чунин олимони шинохтаи ҷаҳонӣ истифода шудааст: Аксельрод Е.З., Бегунова Н.В., Бокарева С.А., Гапонов В.В., Климов Ю.А., Ключев С.В., Неровных, А.А., Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Раҳмонов А.Ҷ., Римшин, В.И., Смердов Д.Н., Степанова В.Ф., Факлуллина Н.В., Хаютина Ю.Г., Хозин В.Г., Шилина А.А., Юрьева А.Г., Wu Z, Li W, Liu Yinghao, Yuan Yong, Sakuma N, Tan KH., Lau D, Pam HJ, Mohammed R.S., Zhou F., Al-Sunna R., Ruan X.J., ва диг.

Масъалаҳои асоснок намудани истифодаи арматураи композитӣ ба сифати синчи армиронии унсурҳои бетонӣ дар корҳои илмии олимони зерин баррасӣ шудааст: Антаков А.Б., Маилян Д. Р., Михуб Ахмад, Польской П.П., Хишмах Мерват.

Дар ин масъала дар меъерҳо ва қоидаҳои сохтмони Чумҳурии Тоҷикистон ва меъерҳои Федератсияи Россия усулҳои мавҷуданд, ки барои ҳалли ин масъала нокифоя мебошанд.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади кори диссертатсионӣ: таҳлил ва дарёфти маълумотҳои таҷрибавӣ, оид ба муқовимати плитаҳои ометаи конструктивии ба ду тараф қатшаванда ва омузиши имкониятҳои истифодабарии усулҳои ҳисоби мавҷуда, барои лоиҳабанди аз таъсири борҳои баробар тақсимшаванда.

Мақсади гузошташуда дар асоси ҳалли масъалаҳои зерин ба даст оварда мешавад:

- таҳлили таҳқиқотҳои мавҷуда, ки хусусиятҳои асосии шаклтағйирнокии пластаҳои омехтаро таҷассум менамояд ва истифодаи арматураи композитӣ ба мақсади асоснок намудан ва башаклдарории хусусиятҳои физикии модели пешниҳодгардида;

- таҳқиқотҳои таҷрибавии барои ба даст овардани мустаҳкамӣ, мазбутӣ ва тарқиштововарии пластаҳои сабук бо армиронии омехта;

– коркарди модели унсур – канории пластаи омехта бо истифода аз барномаи ғайрихатии Лира;

– таҳлили усули мувозинати ҳудудӣ барои ҳисоби қобилияти борбардории пластаҳои омехтаи конструктивӣ.

Объекти таҳқиқот – пластаи монолитии сабук бо армиронии омехта.

Мавзӯи таҳқиқот – мустаҳкамӣ, мазбутӣ, тарқишустуворӣ, пластаҳои омехта.

Навоварии илмӣ таҳқиқот иборат мебошад аз:

– коркарди пластаҳои сабуки ба ду тараф қатшаванда, бо армиронии омехта;

– маълумотҳои асосноки таҳқиқотӣ аз таъсири бори баробар тақсимшаванда дар вобастагии хусусиятҳои зерин: тарқишустуворӣ, шаклтағйирноки аз рӯи ҳақиқат, бари кушодашавии тарқиш, равандҳо ва схемаи инкишофи тарқиш;

– истифодаи модели унсур - канорӣ (УК) барои ҳисоби пластаи сабук бо армиронии омехта аз таъсири бори арзӣ ба намуди модели сеандозаи ғайрихаттӣ дар ҳамаи марҳилаҳои боргузорӣ, якҷоя бо марҳилаи вайроншавӣ;

– таъсироти бузургҳои интиҳобшаванда ба қори пластаҳои сабук бо армиронии омехта;

– коркарди усули ҳисоби пластаҳои сабук бо армиронии омехта.

Вазъиятҳои асосӣ, ки ба ҳимоя пешниҳод шудааст:

– натиҷаҳои таҳқиқи таҷрибавии пластаҳои сабук бо армиронии омехта, аз таъсири борҳои баробар тақсим кардашуда;

– натиҷаҳои ҳолати шиддатию – шаклтағйирнокии модели компютери пластаҳои қатшавандаи омехта;

– усули ҳисоби пластаҳои қатшавандаи сабук бо армиронии омехта.

Аҳамиятнокии назариявӣ ва амалии таҳқиқотҳо:

– натиҷаҳои аз ҷиҳати илмӣ асоснок кардашуда, диаграмма ва вобастагиҳо, ки барои лоиҳасозии пластаҳои омехта бо сарфи камтарини маводҳо оварда шудааст;

– натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии модели пешниҳодшуда, барои сармоягузoron ва фармоишдиҳандаҳо манфиати амалӣ дорад барои лоиҳасозии пластаҳо ва панелҳои синҷӣ - монолитӣ ва васли – монолитӣ, пешниҳод карда шудааст;

– натиҷаҳои кори диссертатсионӣ дар раванди таълимии ДДУҶ и ДТТ, барои омӯзиши донишҷӯён ва магистрантони ихтисоси “Соҳтмон” курсҳои махсуси “Конструксияҳои оҳанубетонӣ ва сангин” истифода шудааст.

Диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ мувофиқат менамояд:
05.23.01 – Конструксияҳои соҳтмонӣ, бино ва иншоот; формулаи ихтисос – бунёд намудан ва мукамалкунии намудҳои ратсионалии конструксия, инчунин тарзҳои ҳисоби онҳо; доираи таҳқиқот – асоснок намудан, таҳқиқот ва коркарди намудҳои нави конструксияҳои ихтисосӣ ва борбардори биноҳо ва иншоот.

Дарачаи саҳеҳии натиҷаҳо:

– дар ҳисобҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ ҳуҷҷатҳои меъёрию техникӣ ва тарзҳои санҷишии конструксияҳои соҳтмони амалкунанда истифода гардидааст;

– натиҷаҳои таҳқиқотҳои моделҳои компютерӣ, бо маълумотҳои таҷрибавӣ наздик мебошад;

– натиҷаҳои назариявии ҳисоби плита бо армиронии омехта бо маълумотҳои таҷрибавӣ наздик мебошад.

Ҳиссаи шахсии унвонҷӯ аз гузаронидани таҳқиқоти таҷрибавӣ, истифодаи модели унсур-канорӣ дар барномаи ҳисобии ЛИРА, иштирок дар коркарди усули ҳисоби плитаҳои сабук бо армиронии омехта, шаклдиҳии хулосаҳо ва омодакунии маводҳо барои нашр, иборат мебошад.

Татбиқ ва амаликунии натиҷаҳои диссертатсия. Ҳолатҳои асосӣ ва натиҷаҳои таҳқиқотҳои диссертатсия баромад ва муҳокима карда шудааст:

– дар симпозиуми илмӣ-амалии байналмилалии «Материаловедение и технология» (MST2021), маҷаллаи AIP Conference Proceedings дар маълумотҳои базавии байналмилалии Scopus и Web of Science (СГАУ ба номи Н.И. Вавилова, Саратов, 2021с.);

– дар конференсияи илмӣ-амалии байналмилалии «Технические науки и инженерное образование для устойчивого развития», (ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, Душанбе, 2021с.)

– дар VI конференсияи байналмилалии (XII Всероссийская) «Строительство и застройка: жизненный цикл», ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» (ш. Чебоксар, хиёбони Ленин, б. 6, факултети Соҳтмони ЧГУ, 2022с.).

– Курси лексия дар мавзӯи «Плитаҳои сабук бо армиронии омехта» барои донишҷӯён ва магистрантони ихтисоси соҳтмони ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ (ноябри 2021с.).

Наشري маводҳои диссертатсия. Натиҷаҳои асосии таҳқиқоти диссертатсия дар 8 кори илми чоп гардидааст, аз ҷумла 3 мақола дар ШОИС ва 4 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Федератсияи Россия ва 1 мақола дар маҷаллаи Scopus ва Web of Science.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз сарсухан, ҷаҳор боб, хулосаи умумӣ, рӯйхати адабиёти истифодашуда ва замимаҳо иборат аст. Матни

асосӣ аз 143 саҳифа иборат буда, 72 расм, 10 ҷадвал ва формулаҳоро дарбар мегирад. Рӯйхати адабиёт аз 125 номгӯй иборат мебошад.

Муаллиф миннатдории бепоёни худро ба роҳбарияти ДДУЧ, Институти меъмурию сохтмонӣ, ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ ва роҳбарони илмӣ – барои ёрии амалӣ чихати гузаронидани корҳои илми таҳқиқотӣ ва омода намудан ба ҳимояи кори диссертатсионӣ изҳор менамояд.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

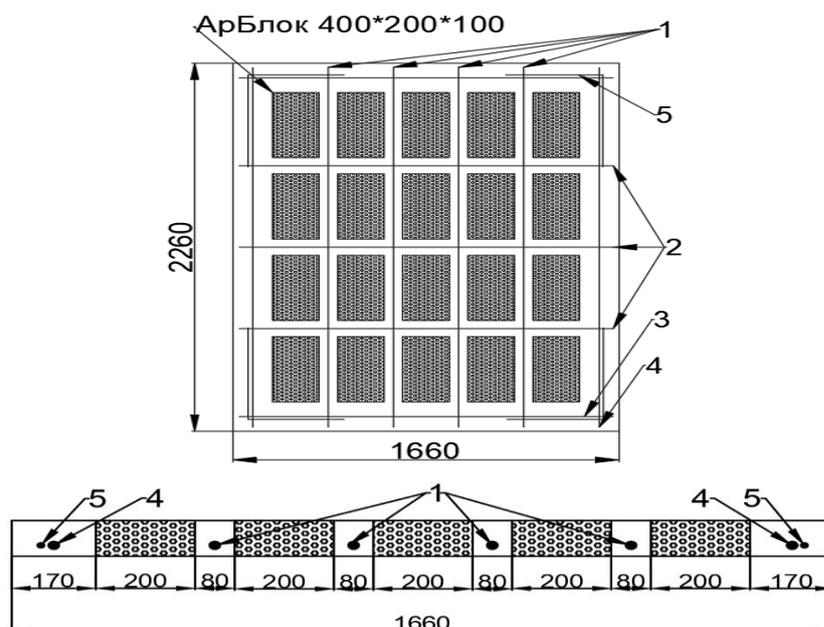
Дар сарсухан мубрамияти мавзӯи таҳқиқот асоснок карда шудааст, мақсад ва масъалаҳои таҳқиқот муайян карда шудааст, навоари илмӣ ва аҳамияти амалии кор нишон дода, ҳолатҳои асосии натиҷаҳои кор барои ҳимоя муайян карда шудаанд.

Дар боби якум «ТАРКИБ ВА МАСЪАЛАИ ТАҲҚИҚОТ» амалияи таҷрибаи хоричӣ оид ба истифодабарии пластаҳои сабуки болопушҳо барои камтар намудани вазни конструксия ва самаранокии иқтисодии комплексҳои сохтмонӣ, инчунин ратсионализатсияи нақшаҳои конструктивии биноҳо аз ҳисоби истифодаи пластаҳо дида шудааст. Ҳамчунин истифодаи амалии арматураи композитӣ нафақат ҳамчун ба зангзани тобовар, ғайримагнитӣ, радиошаффофӣ ва электроизолатсионӣ, аммо ба сифати арматураи корӣ дар конструксияҳои сохтмонии шаҳрвандию саноатӣ барои серияҳои оммавӣ оварда шудааст. Усули омехтаи масолеҳҳо, истифодаи пластаҳои сабук гардонидашуда ва армиронии омехта бо арматураи композитӣ дар якҷоягӣ имконият медиҳанд самаранокии сохтмони муосир баланд бардошта шавад. Омӯзиш ва таҳқиқотҳои масолеҳҳои омехта имконият медиҳад, дар илми муосир технологияҳо ё ихтирои нав пайдо карда шаванд. Аз ҳамин сабаб, дар кори мазкур, варианти алтернативии болопушҳо ва бомпушҳои монокитии сабук гардонидашуда бо армиронии омехта пешниҳод карда мешавад.

Дар боби дуюм «ТАҲҚИҚОТҲОИ ТАҶРИБАВИИ ПЛАСТАҲОИ ҚАТШАВАНДАИ САБУК БО АРМИРОНИИ ОМЕХТА (ПСАО)» оварда шудааст: нишондиҳандаҳои намунаҳои таҷрибавӣ; тарзи гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавӣ; натиҷаҳои умумии пластаҳои таҷрибавӣ бо армиронии омехта аз рӯйи мустаҳкамӣ, мазбӯтӣ, тарқишустуворӣ; таҳлили натиҷаҳои ба даст овардашуда, ки бо хусусиятҳо наздиканд; баҳодии фисади арматура ва мустаҳкамии бетон, ки то чи андоза ба қобилияти борбардорӣ ва шаклтағйирнокии пластаҳои пешниҳодгарида таъсир мерасонад.

Барои муайян намудани хусусиятҳои мустаҳкамии пластаҳо бо армиронии омехта панҷ серияи росткунҷаи сабук (расми 1) бо андозаи 2260×1660×100мм тайёр ва таҳқиқот шудааст.

Серияи аввали пластаҳои сабук (бо ишораи шартии ПС-1) бо пуррагӣ бо армиронии пулодии муқаррарӣ синфи А400 $A_{sa}^k-2\emptyset 12$, $A_{sb}^k - 2\emptyset 10$, $A_{sa}^o 3\emptyset 6$, $A_{sb}^o 4\emptyset 8$ тайёр шудааст. Серияҳои боқимонда бо армиронии омехта истифода гардиданд, таҳти рақами (3,4) дар теғаҳои канории тарафи тулӣ (A_{sb}^k), ва тарафи арзӣ (A_{sa}^k) онҳо арматураи пулодӣ, бошад, дар теғаҳои марказӣ таҳти рақами (1,2) ба тарафи тулӣ ($АСК_b^o$) ва ба тарафи арзӣ он бо ($АСК_a^o$) бошад, арматураи композитии шишапластикии қутри гуногун армиронида шуданд.



Расми 1. - Хусусиятҳои геометрӣ ва буриши арзии плита

- 1) $АСК_b^o$ – Қойи қойгиршавии арматура дар тегаҳои марказӣ ба тарафи дарозии плита
- 2) $АСК_a^o$ - Қойи қойгиршавии арматура дар тегаҳои марказӣ ба тарафи кӯтоҳи плита,
- 3) A_{sa}^k – Қойи қойгиршавии арматураи пулодӣ дар тегаҳои канорӣ ба тарафи кӯтоҳи плита,
- 4) A_{sb}^k – Қойи қойгиршавии арматураи пулодӣ дар тегаҳои канорӣ ба тарафи дарозии плита,
- 5) тегаи мазбӯтӣ

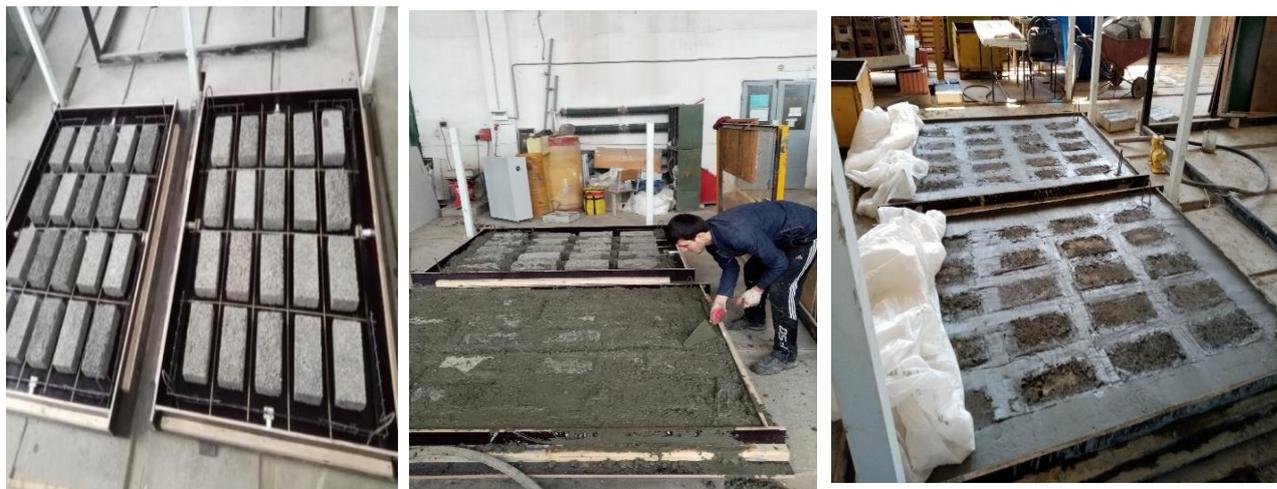
Барои камтар намудани вазни хоси плита ва камтар намудани масрафи масолеҳҳо ба плита блокҳои арболитӣ ба сифати пуркунанда ворид карда шуданд. Арболит – бетони сабуки сементи буда масолеҳи органикӣ ва бо иловаҳои кимиёвӣ, аз ҷумла ҳамчун танзимгари ковокиҳо омода карда мешавад. Арболит ҳамчун чуббетон низ номида мешавад.

Ҷадвали 1. - Таъсифоти геометрӣ ва армиронии намунаҳои плитаҳои таҷрибавӣ

Нишондиҳандаҳо		Намуна				
		ПС-1	ПС-2	ПС-3	ПС-4	ПС-5
Мустаҳкамии бетон дар рӯзи санҷиш R_b (МПа)		24,80	24,56	29,31	12,41	13,08
Модули чандирии бетон аз рӯйи ҳисоб E_b (МПа)		31000	30919	33242	21767	22454
Армиронӣ	A_{sa}^k (см ²)	2Ø12 (2,62)	2Ø12 (2,62)	2Ø10 (1,578)	2Ø10 (1,578)	2Ø6 (0,566)
	A_{sb}^k (см ²)	2Ø10 (1,578)	2Ø10 (1,578)	2Ø12 (2,62)	2Ø12 (2,62)	2Ø10 (1,578)
	A_{sa}^o (см ²)	A_{sa}^o 3Ø6 (0,849)	3Ø8 (1,509)	3Ø6 (0,849)	3Ø6 (0,849)	3Ø4 (0,378)
	A_{sb}^o (см ²)	A_{sb}^o 4Ø8 (2,012)	4Ø8 (2,012)	4Ø10 (3,156)	4Ø10 (3,156)	4Ø8 (2,012)

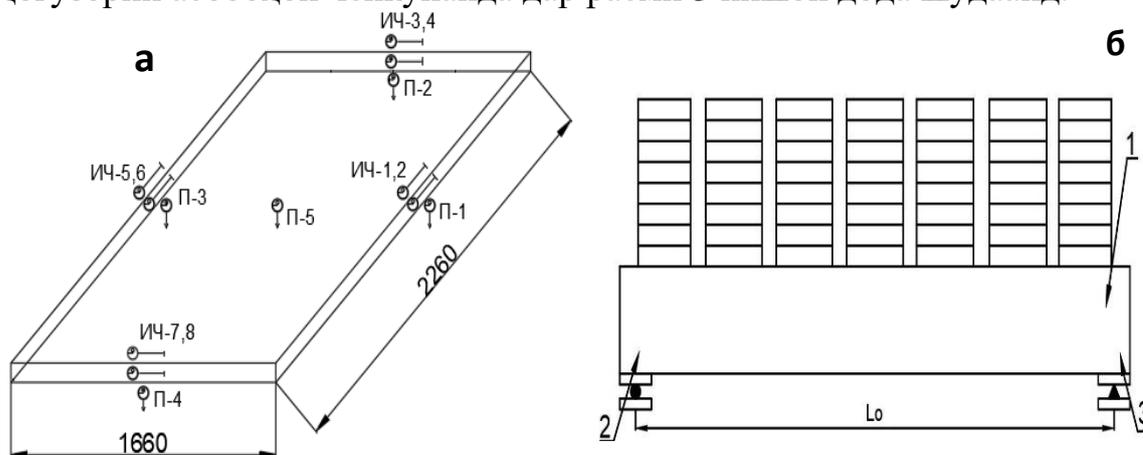
Эзоҳ: A_s – Арматураи пулодӣ, АШК – Арматураи шишапластикии композитӣ дар тегаҳо (а) ва (б) , дар ин ҷой a – тарафи кӯтоҳи плита, b – тарафи дарозии плита (ниг. эзоҳи расми 1).

Иловатан, дар нуқтаҳои таҷяғоҳ, барои пешгирии вайроншавӣ аз таҷяғоҳ, бо армиронии арзӣ синфи А400 кутри Ø6мм пуркувват карда шудааст.



Расми 2. - Раванди омодагӣ ва бетонрезии намунаҳои плита

Плитаҳои сабук ба ҷаҳор кунҷ озод дар таҷяғоҳ ҳобидааст, ки ба ду тараф қор мекунад, ҷойгир карда шудааст. Дар ин ҳолат дар се кунҷи плитаҳои сабук, таҷяғоҳҳои мафсилии ҳаракаткунанда ва кунҷи чорум бошад бо мафсили беҳаракат насб карда шуданд. Нақшаи дасгоҳи санҷиши таҷрибавӣ ва ҷобаҷогузори асбобҳои ҷенкунанда дар расми 3 нишон дода шудаанд.



Расми 3. - (а) Ҷойгирнамоии асбобҳои ҷенкунанда ва нақшаи боргузори плитаи таҷрибавӣ (б) дар вақти санҷиш

- 1) плитаи санҷишӣ, 2) таҷяғоҳи мафсилии ҳаракатнок, 3) таҷяғоҳи мафсилии беҳаракат

Барои ҷен кардани ҳамишҳои амудӣ панҷ ҳамишченкунак истифода гардидааст. Ҷаҳор ҳамишченкунак дар теғаҳои канории тарафҳои дароз ва кунҷи плита (ПС-1,2,3,4), ва як ҳамишченкунак дар минтақаи марказии плита (ПС-5). Инчунин, чор индикатор дар мобайни равоқ дар сатҳи арматураи кашадашуда (ИС- 1,3,5,7) ва ҷаҳор индикатори соатмонанд дар маркази равоқ дар минтақаи фишурдашудаи бетон (ИС- 2,4, 6, 8) гузошта шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқотҳои таҷрибавӣ барои ҳар як намунаи плита дар алоҳидагӣ дида баромада мешавад. Дар баробари ин, категорияҳои гуногуни маълумотҳо оварда шудаанд ва идораи хусусии намунаҳо муайян карда шудаанд.

Дар натиҷаи таҷрибаҳои санчишӣ аз тарафи мо маълумотҳои зерин ба даст оварда шуданд: хусусияти вайроншавӣ, раванди пайдошавӣ ва инкишофи тарқиш, тағйирёбии хамиш ва бари кушодашавии тарқиш, бузургии боргузори вайронкунанда, шаклтағйирҳои дарозшавӣ ва кутоҳшавии бетон дар буришҳои равокии плита.

Мувофиқи усули санчиш, хамиши ҳар як намунаи плита дар панҷ нуқтаи он дар минтақаҳои бисёр шиддатнок дар асоси таҳқиқотҳои ададӣ ва назариявӣ чен карда шудаанд. Хамиши максималии ҳар як намуна дар нуқтаи (П-5), ки дар мобайни плита ҷойгир мебошад, мушоҳида карда шуд.

Шаклтағйирҳои бетони минтақаи фишурдашуда дар қисми болоии нахи бетони миёнаи равоқ ба тарафҳои дароз ва кутоҳи плита чен карда шуданд. Бо пайдо гардидани тарқиши аввал дар мобайни равоқи плита шаклтағйирҳои бетон инкишоф меёбанд.

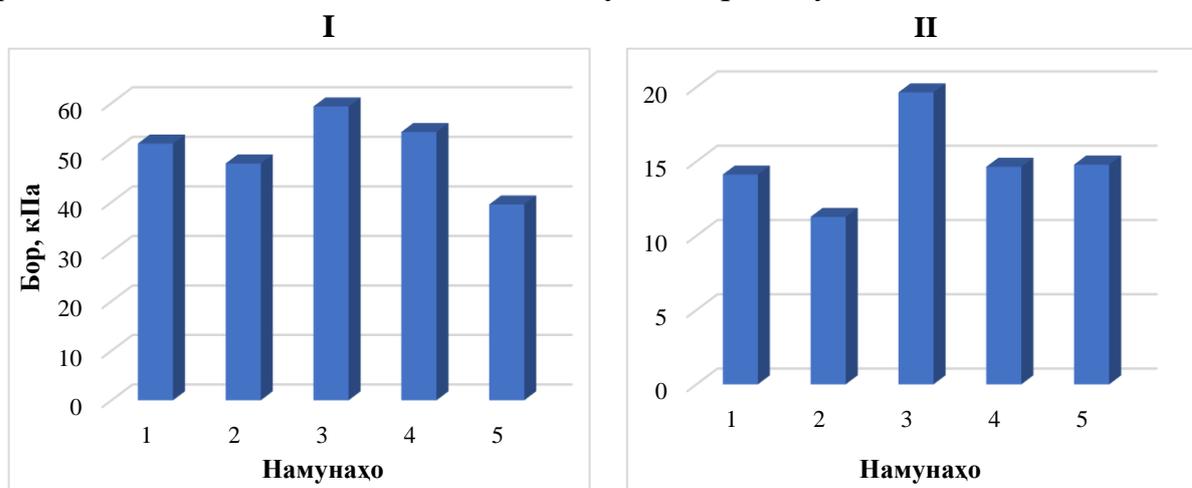
Шаклтағйирҳои кашидашудаи бетон асосан аз ду ташкилдиханда иборат мебошад: бари кушодашавии тарқиш ва дарозшавӣ дар сатҳи бетони плита. Нишондоди шаклтағйирҳои кашиши бетон аз боргузориҳо тахминан ба шаклтағйирҳои арматура якхела мебошад.

Дар вақти санчиши намунаҳои таҷрибагии плитаҳои омехта муайян карда шуд, ки ду речаи вайроншавӣ ҷой дорад, кандашавии арматура ва вайроншавии бетон аз фишурдашавӣ. Инчунин мувозинати вайроншавии намунаҳо низ мушоҳида карда шуданд.

Мувофиқи маълумотҳои ба даст овардашуда, истифодаи арматураи композитии шишапластикӣ ба мустаҳкамии плитаҳои омехта назаррас таъсир мерасонад. Фарқияти зиёд дар мазбутии плитаҳо мушоҳида карда шудааст.

Дар поён натиҷаҳои баъд аз гузаронидани санчишҳои таҷрибавӣ барои муқоиса намудани маълумотҳои таҷрибавӣ бо мақсади возеҳи намоён намудани, хосияти физикии раванди таҷрибагузаронӣ оварда шудааст.

Бинобар ин, иваз намудани арматураи пулодӣ ба арматураи композитии шишапластикӣ имконпазир мебошад, агар баъзе аз маҳдудиятҳои он саҳеҳ гардонидани шавад. Дар расми 4 муқоисаи борҳои вайронкунанда ва тарқишпайдошавии плитаҳои санчидашуда оварда шудаанд.



Расми 4. - Муқоисаи боргузориҳои вайронкунанда ва борҳои тарқишпайдошавӣ: I) F_{ult} – Бори вайронкунандаи таҷрибавӣ; II) F_{cr} – бори таҷрибавӣ, ки ба пайдошавии трақиш мувофиқат менамояд

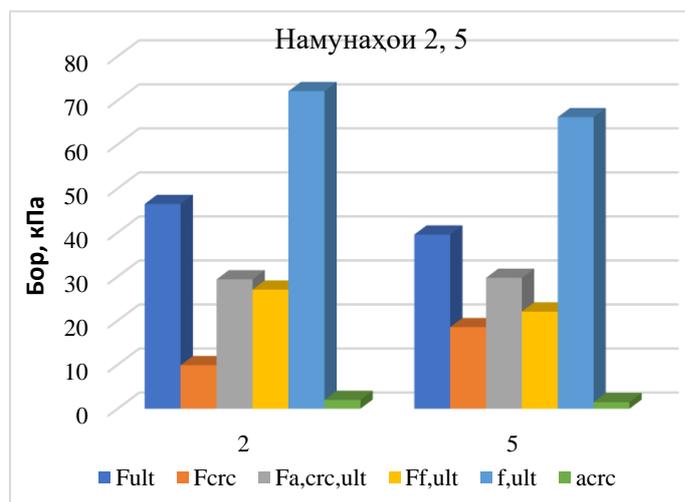
Бори вайронкунандаи намунаҳои таҷрибавӣ F_{ult} , чӣ тавре, ки аз график намоён аст, дар ҳудуди 14,45–33,45 % тағйир меёбанд. Аз ҷадвали 1 намоён аст, ки бо зиёдшавии қутри арматураи шишапластикӣ мустаҳкамии пластаҳои сабуки таҷрибавӣ ба 9,75 % барои намунаҳои ПС-1 зиёд мешаванд, ва барои намунаҳои ПСГ 2 бошад ба 20,37%.

Мувофиқан мустаҳкамии намунаҳои таҷрибавии пластаҳо камтар мешаванд, барои: ПС- 1 ба 28,58%, ПС-2 ба 21,47%, ПС-3 ба 37,6%, ПС-4 ба 31,64%. Фарқияти хусусиятноки арматураҳо дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Намунаи таҷрибавии ПС-2 низ бо намунаи ПС-5 муқоисашаванда мебошад. Дар асоси ин пластаҳои таҷрибавӣ таъсири мустаҳкамии бетонро таҳлил менамоем. Маълумотҳои бадаст омада (расми 5) нишон медиҳанд, ки камтар гардидани мустаҳкамии бетон ва фисади армиронӣ ба хусусияти вайроншавӣ ва шаклтағйирнокии намунаҳои таҷрибавӣ таъсири калон мерасонанд.

Бори вайронкунандаи таҷрибавии намунаҳои 2,5 аз рӯи хусусияти вайроншавӣ фарқ мекарданд. Аз рӯи маълумотҳои ба дастамада дида мешавад, ки тағйирёбии мустаҳкамии бетон бисёртар ба мустаҳкамии намунаҳо таъсир мерасонад. Фарқияти бори вайронкунандаи намунаи 2, 21,46%-ро дар муқоиса бо намунаи 5 ташкил намуд.

То пайдошавии тарқиш дар намунаи 2 аз боргузори 10,57 кПа вобастагии мутаносиб мушоҳида карда мешуд, ки ин маънои кори чандирии намунаҳоро дар зери бор дорад. Мувофиқан, баъди пайдошавии тарқиш намунаҳои пластаҳо ба марҳилаи дуҷуми кори худ шуруъ менамоянд, яъне кори пласта аз вақти пайдошавии тарқиш то қимати бори истифодабарӣ – бор, ки коршоямии конструкцияро ба истифодабарии муқаррарӣ муайян менамояд ($F_{ser} = 0,7 F_{ult}$). Баъдан – кори конструкция аз қимати бори истифодабарӣ ҳолати вайроншавӣ.



Расми 5. - Муқоисаи тағйирёбии мустаҳкамии бетон

F_{ult} – Бори таҷрибавии вайронкунанда,
 F_{erc} – Бори таҷрибавӣ, ки ба пайдошавии тарқиши мувофиқат менамояд,
 $F_{a,erc,ult}$ – бори таҷрибавӣ, ки ба кушодашавии ҳудудии тарқиши мувофиқат менамояд,
 $F_{f,ult}$ – бори таҷрибавӣ, ки ба хамиши иҷозатии ҳудудӣ мувофиқат менамояд,
 $f_{,ult}$ – бори таҷрибавӣ, ки ба хамиши иҷозатии ҳудудӣ мувофиқат менамояд,
 f_{ult} – хамиши таҷрибавӣ, ки ба бузургии бори вайронкунандаи таҷрибавӣ мувофиқат менамояд,
 a_{crc} – бари кушодашавии тарқиши таҷрибавӣ, ки ба бори мувофиқатии вайронкунандаи таҷрибавӣ мувофиқат менамояд

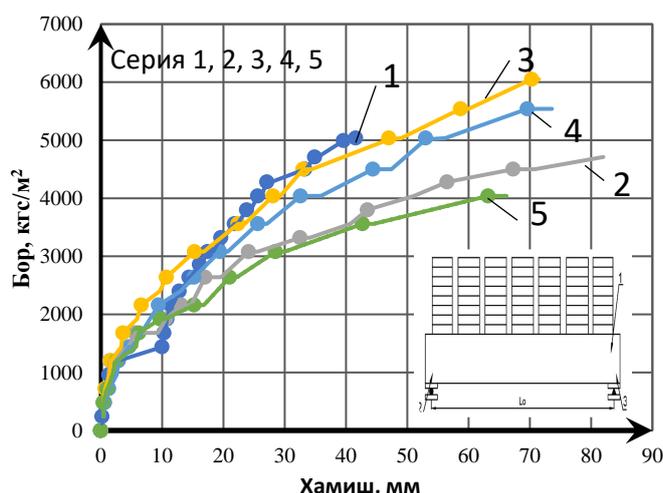
Бори таҷрибавӣ, ки ба бари кушодашавии ҳудудии тарқиш ва хамиши ҳудудӣ ба тарафи дарозии пласта мувофиқат менамояд, новобаста аз мустаҳкамии бетон, амалан бузургии якхеларо нишон доданд. Фарқият байни намунаҳои 2 ва 5 аз 0,40 – 1,94 % - ро нишон дод.

Хамишҳои намунаҳои плахтаҳо муқоиса намуда, мумкин аст хулоса намуд, ки бо камтар гардидани мустаҳкамии бетон ва фисади ҷойдоштани арматура дар тарафи кутӯҳи намунаҳои плахта хатари вайроншавии намунаҳои плахта зиёдтар мегардад.

Чӣ тавре, ки дар ҷадвали 1 нишон дода будем, нисбати фисади арматураи пулодӣ дар намунаҳои плахтаҳои 1, 2, 3 дар канори плахта бетағйир боқи монда буданд, онҳо фақат аз рӯи ҷойгиршавӣ фарқият доштанд. Фарқияти асосии фисади арматураи пулодӣ дар канори плахтаи рақами 5 мушоҳида карда мешуд – ба 51,07% камтар. Ҳамаи ин тағйирот ба канори плахта тааллуқ доранд. Новобаста аз ин, фарқияти бисёр фисади армиронӣ дар маркази плахта мушоҳида карда мешавад. Чӣ тавре, ки дар боло қайд карда шуд, дар маркази плахта фақат арматураҳои композитӣ, яъне шишапластики истифода гардидааст.

Яке аз нуқтаҳои критикӣ дар плахта таҷрибавӣ минтақаи марказии он мебошад. вобаста ба ин, фарқияти нисбати фисади армиронӣ низ дар маркази плахта ҷойгузори шудааст. Аз ҳамин сабаб вобастагии **“бор-хамиш”** ҳамаи плахта дар минтақаи маркази плахта дар расми 6 нишон дода шудааст.

Хамиш дар минакаи маркази плахта (ПС5) аз бори вайронкунанда гувоҳи медиҳад, ки истифодаи аматураи шишапластикӣ дар маркази плахта амалан то ду маротиба мазбутии плитаро дар муқоиса бо арматураи пулодӣ камтар менамояд. Баъд аз пайдошавии тарқишҳо каҷияти **“бор-хамиш”** аз рӯи шакл монанданд мувофиқи рафтори арматураҳо, гувоҳаст, ки шаклтағйирии арматура ба кори плахта таъсири калон мерасонад.



Расми 6. - Муқоисаи вобастагии бор-хамиш ҳамаи намунаҳои плахта дар марказ

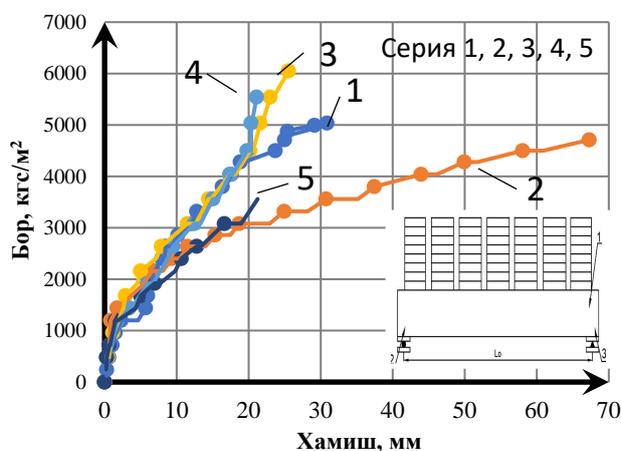
Чӣ тавре, ки дар график нишон дода шудааст, бо зиёдшавии фисади арматура дар маркази плахта қобилияти борбардории намунаҳои плахта зиёд мешаванд, вале дар ин ҳолат шаклтағйирнокии плахтаҳои омехта баланд мешаванд.

Бояд қайд намуд, ки маълумотҳои ба дастмада аз натиҷаҳои бисёр хуб шаҳодат медиҳанд, азбаски модули чандирии арматураи шишапластикӣ ҷор маротиба камтар нисбати арматураи пулодӣ мебошад. Ин онро маънидод менамояд, ки модели пешниҳод гардида мазбутии плахтаҳо қариб ду маротиба зиёдтар менамояд.

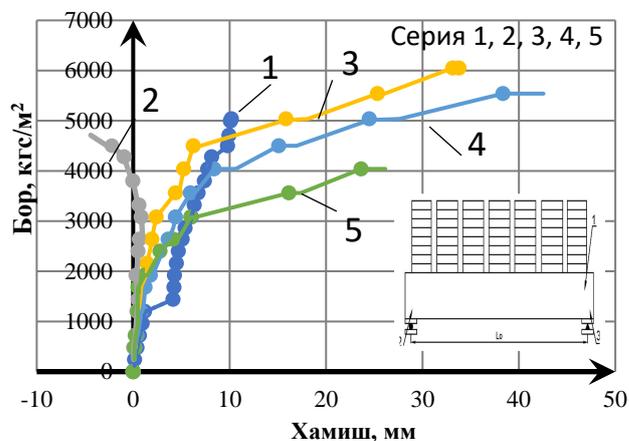
Ҷойгиршавии арматураи шишапластикӣ дар тарафҳои дароз ва кутӯҳии плахтаҳои омехта, чӣ тавре, ки дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст қариб , ки дар ҳамаи намунаҳои плахта тағйир меёбанд. Натиҷаҳо, ки аз таҳқиқотҳои

таҷрибавӣ ба даст оварда шуданд, аз он шаҳодат медиҳанд, ки таъсири ҷойгиршавии арматура дар кори плахтаҳои омехта бисёр калон мебошад.

Дар расмҳои 7, 8 натиҷаҳои хамишченкунакҳои ҳамаи плахтаҳои омехта, дар тарафҳои дарозӣ ва кутӯҳӣ нишон дода шудааст, ки кори онҳоро дар вақти таҳқиқотҳои таҷрибавӣ таҷассум менамояд.



Расми 7. - Муқоисаи вобастагии бор - хамиш ҳамаи намунаҳо бо канори теғаҳо дар мобайн ва тарафи дарозии плахтаҳо



Расми 8. - Муқоисаи вобастагии бор - хамиш ҳамаи намунаҳо бо канори теғаҳо дар мобайни тарафи кутӯҳии плахтаҳо

Қимати таҷрибавии хамишҳо барои плахтаҳои омехта тасдиқ намуданд, ки шаклтағйирнокии онҳо аз фисади армирони бо арматураи композитӣ вобаста мебошад. Аз таҳлили графикҳои сохташуда, бояд қайд намуд, ки ивази арматураи пулодӣ ба арматураи композитӣ, инчунин тағйир додани ҷойгиршавии онҳо имконият медиҳад, ки шиддат то ҳадди имкон дар ҳамаи сатҳи плахтаҳои омехта баробар тақсим шавад.

Дар расми 8 муқоисаи “бор ва хамиши” ҳамаи плахтаҳои омехта бо канори теғаҳо дар мобайни тарафи кутӯҳии плахтаҳои омехта нишон дода шудааст. Нисбати плахтаҳои бо армиронии металлӣ, плахтаҳои бо нахишишагӣ армиронидашуда ҳолати чандирӣ ва инкишофи тези хамишро нишон медиҳад. Вале хамиши ҳудудӣ дар ду ҳолат муқоисашаванда мебошад, ки метавонад кори чандирии плитаро таъмин намояд ва барои огоҳонидан пеш аз баромад аз ҳолати корӣ огоҳ намояд.

Хамиши плахтаҳо бо зиёдшавии дараҷаи армиронӣ камтар мешавад, вале тамоман зарифи баланди армиронии композитиро талаб менамояд, ки хамиш дар ин ҳолат бо зарифи армирони бо арматураи пулодии плахтаҳо муқоисашаванда бошад, ин маънои онро дорад, ки конструкцияҳо аз арматураи композитӣ мумкин бошад бо ёрии ҳолати ҳудудии коршоямии истифодабари назорат карда шавад.

Дар боби сеюм «МОДЕЛСОЗИИ КОМПЮТЕРИИ ҲОЛАТИ ШИДДАТНОКИЮ ШАКЛТАҒЙИРИИ ПЛИТАҲОИ САБУКИ ҚАТШАВАНДА БО АРМИРОНИИ ОМЕХТА (ПСАО)» модели компютерӣ барои муайян намудани фарқиятҳо нисбати натиҷаҳои таҷрибагузаронии асли оварда шудааст.

Дар ин боб ҳисоби плахтаҳои сабук бо армиронии омехта бо ёрии барномаи маҷмуавии ЛИРА-САПР 2021 R1 ба роҳ монда шудааст, ки ба модели сеченака

ғайрихаттӣ гузошта шудааст ва дар он ғайрихаттии физикии масолеҳҳо бо назардошти боргузори марҳилавӣ ба назар гирифта шудааст.

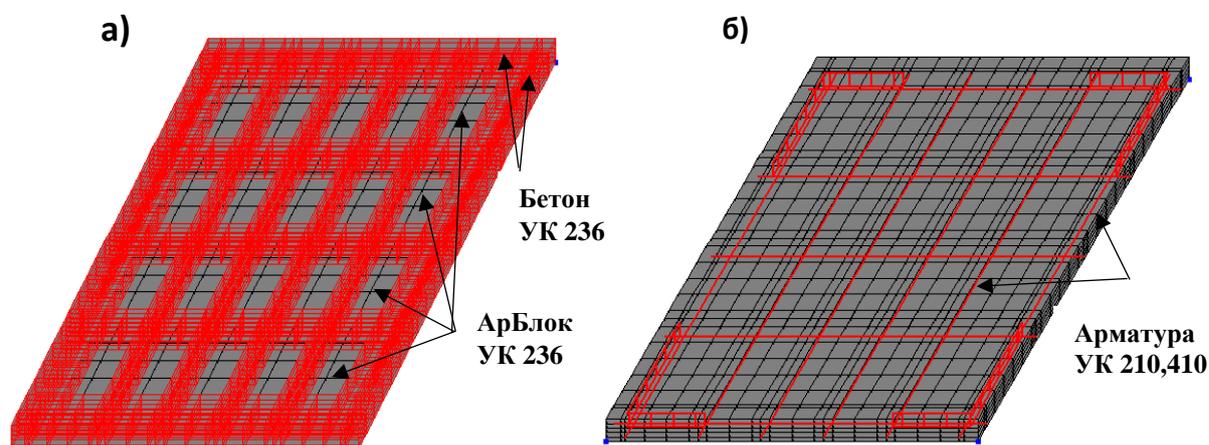
Ҳамаги панҷ нақшаи ҳисобӣ бо ченакҳои гуногуни физикӣ баррасӣ шудааст. Ҳисобҳо ба намуди модели сеандоза иҷро шуда ба чор кунҷ озодона така намуда аз таъсири бори баробар тақсимкардашуда ҳисоб шудааст.

Протсессори ғайрихаттӣ барои ҳалли масъалаҳои ғайрихаттии физикӣ ва геометрикӣ, инчунин масъалаҳо барои ғайрихаттии конструктивӣ ва шиддати пешаки дошта, пешбини гардидааст.

Барои ҳалли масъалаҳои ғайрихаттӣ протсессор боргузори қадамии конструкцияро таъмин менамояд ва ҳалли системаи муодилаҳои линеаризованиро дар ҳар як қадами фарқияти вектори бори чори, додашуда таъмин менамояд.

Қоркарди схемаи иттилоотӣ, нуқтаи оғозкунандаи моделсозии ададӣ мебошад. Дар он ба намуди графикӣ, диапазони тағйирёбии факторҳо, ки ба мустаҳкамӣ ва мазбутии конструкцияи таҳқиқшаванда ва алоқамандии онҳо таъсир мерасонад, нишон дода шудааст.

Унсури конструкция ҳамчун тури унсури канори моделсозӣ мешавад. Намунаҳои плитаҳо ҳамчун унсури канории милавӣ ва ҳаҷмӣ моделсозӣ карда шудаанд. Барои унсури ҳаҷмӣ (моделсозии бетон ва блокҳои арболитӣ) унсури канории (УК) 236 намуди унсури изопараметрикии 8 банди фазой қабул карда шудааст. Армураи композитӣ ба намуди УК намуди 410, армураи пулодӣ ба намуди УК намуди 210 моделсозӣ карда шудаанд, ки дар онҳо ғайрихаттии физикӣ ва геометрики ба назар гирифта мешавад. Намуди умумии модели бетон ва армура дар расми 9 нишон дода шудааст.

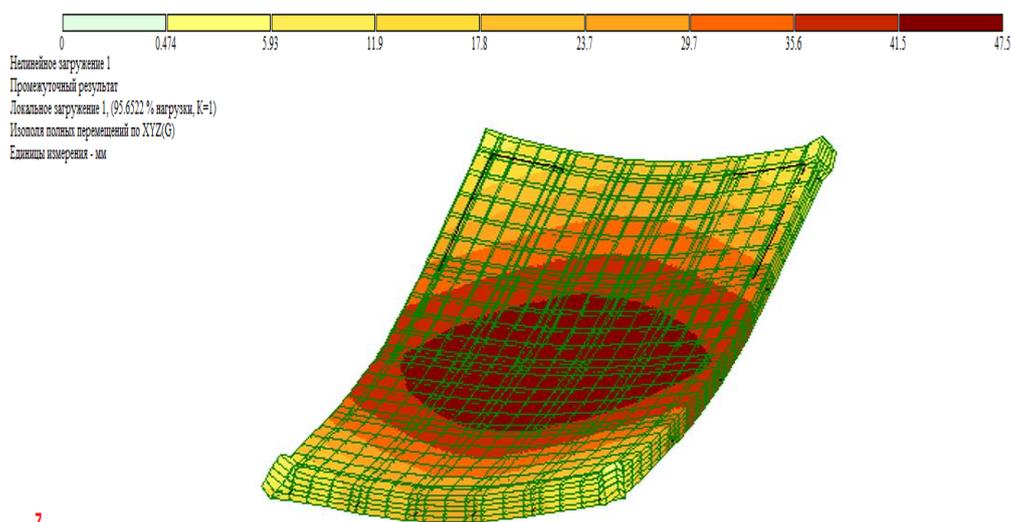


Расми 9. – Шакли умумии модел дар барномаи ЛИРА (а) Намуди умумии бетон, (б) Намуди армуриии модел

Дар рафти таҳқиқоти компютери ҳар як намуна пайдарпай боргузорӣ карда шудаанд, оғоз аз боргузори қимати то вайроншавӣ, ки бо бори баробар тақсим кардашуда то ҳадди ҳудуди сайлониятӣ ва ҳудуди мустаҳкамии бетони намунаҳои плитаҳо боргузорӣ гардидаанд.

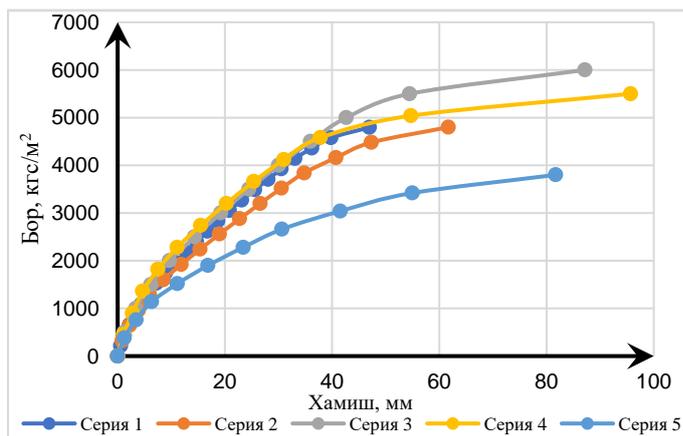
Критерияи вайроншавии намунаҳо расидан ба шиддати ҳудудӣ бо майдончаҳои асосӣ дар гуруҳи унсури канорӣ ва тағйирнаёфтани ғайрихаттии геометрикӣ мебошад.

Дар ҳолати ҳисоб, вайроншавии ҳамаи намунаҳои плита ба дарозии буриши равоки ба тарафи дарозӣ (1,2,3) ва кутоҳ (4,5) ба амал омаданд. Бори вайронкунанда бо зиёдшавии ҳудуди сайлониятии арматура ва тағйирёбии геометрии плита дар марҳилаҳои охири боргузори водор шудааст. Фарқияти борҳои вайронкунанда дар муқоиса бо намунаи якум ки бо арматураи пулодӣ армирони гардида буд, дар ҳудуди аз $-20,67\%$ то $+25,10\%$ тағйир меёбад.



Расми 10. - Изоҳамвориҳои ҷойивазкуниҳои пурра бо меҳварҳои XYZ

Дар асоси графикаи ҳамишҳои максималӣ мумкин аст се марҳилаи хусусиятноки ҳолати шиддатию шаклтағйирии плита дида шавад: то пайдошавии тарқиш, баъд аз пайдошавӣ, кушодашавии тарқиш ва марҳилаи вайроншавӣ. Инчунин мушоҳида карда мешавад, ки тағйирёбии мустаҳкамии бетон ва истифодаи арматураи шишапластикӣ то 1,31-2,03 баробар ба мазбутии намунаҳои санҷишии плита таъсир мерасонад, нисбат ба намунаи якум. Дар расми 11 натиҷаҳои ҳамишҳои максималии ҳамаи плитаҳо нишон дода шудааст.

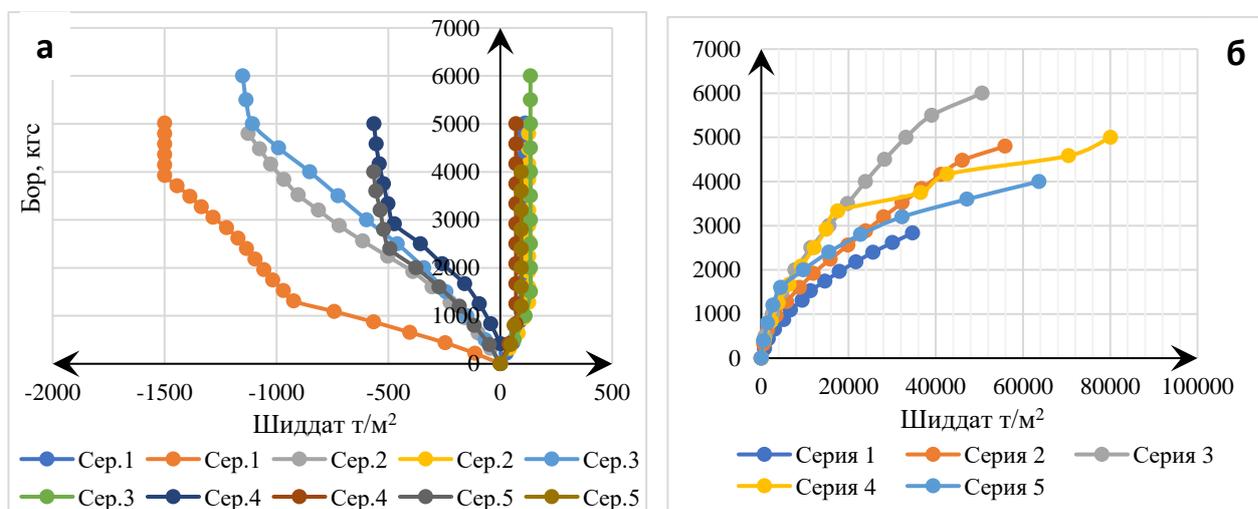


Расми 11. - Графикаи ҳамиш аз бори вайронкунанда

Дар расми 12а вобастагии максималии шиддат дар бетони минтақаҳои фишурдашуда ва кашидашуда нишон дода шудааст, ки хусусияти кори ғайрихаттии бетон ва шиддати максималӣ дар арматура аз бори вайронкунандаи ҳамаи намунаҳо аз боргузори марҳилавӣ ишора менамояд. Фарқияти шиддат дар минтақаи фишурдаи бетон аз 5,65...14,99 МПа ро ташкил менамояд.

Дар расми 12б вобастагии шиддат аз таъсири бор дар арматура нишон дода шудааст, ки дар марҳилаи охири боргузорӣ аз қор мебарояд. Вобастагии шиддат аз бор дар арматура низ ғайрихаттии мебошад. Дар рафти санҷишҳо аз нав тақсимшавии шиддат дар арматура мушоҳида карда шуданд.

Дар марҳилаҳои аввали боргузориҳо асосан арматураи пулодӣ шиддатҳои бисёр калонро бо канори плита қабул мекард, то 30,52% аз бори вайронкунанда, дар ин ҳолат шиддат то 208,48-346,69 МПа мерасид, баъдан шиддат дар маркази равоқи плита то 1019,51 МПа мерасид, ки намунаро ба вайрони дучор мекард.



Расми 12. - Графикҳои шиддатҳои максималии бетон ва арматура (а) шиддат дар буришҳои фишурда ва кашидашудаи бетон, (б) вобастагии “бор-шиддат” дар арматураҳои дар маркази плита ҷойгиршуда

Омили асосӣ, ки ба тағйирёбии шаклтағйирии бетон таъсир мерасонад, мумкин аст кушодашавӣ ва воридшавии тарқиш бошад. Интизор меравад, ки кушодашавии калони тарқишҳо ва дохилшавии онҳо ба чуқурии буриши бетон ба паҳншавии маҳаллӣ дар гирди тарқиш оварда ва тағйирёбии шаклтағйириҳо мумкин аст аз шароити мобайни ба фарқияти калон оварда расонад.

Дар боби чорум «МЕТОДИКАИ ҲИСОБИ ПЛИТАҲОИ САБУКИ ҚАТШАВАНДА БО АРМИРОНИИ ОМЕХТА (ПСАО)» тарзи ҳисобҳои назариявӣ ва таҳлили муқоисавии натиҷаҳои плитаҳои сабук бо армиронии омехта, ба қобилияти борбардории онҳо ва шаклтағйирнокии ПСАО, ки тариқи назариявӣ, моделсозии компютерӣ ва бо роҳи таҷрибавӣ ба даст оварда шудааст, нишон дода шудааст.

Баъд аз гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавӣ ва таҳлили маълумотҳо, муайян карда шуд, ки иваз намудани арматураи пулодӣ дар минтақаи мобайнии плитаҳо ба арматураи композитӣ (бо дигар бузургҳои якхела) ба камтар гардидани боргузори вайронкунанда аз 5-9% гирифта овард. Дар ин ҳолат ҳамишҳо, ки ба ин бор мувофиқанд ба 1,2 баробар зиёд шуданд. Бор, ки аз таъсири он тарқиш пайдо мешавад ба 25% камтар гардид. Вобаста ба ин, вазифа гузошта шуд, ки дар асоси муқоиса маълумотҳои таҷрибавӣ ва назариявӣ, дараҷаи монандии онҳо баҳодихӣ карда шавад.

Қимати ҳисобии шаклтағйирии арматура (пулодӣ ва композитӣ), бетон, блокҳои арболитӣ барои марҳилаи истифодабарии плитаҳои омехта бо армиронии аз нахҳои шишапластикӣ мувофиқи меъёрҳои амалкунанда ва таҳқиқотҳои гузаронидашуда муайян карда шудааст. Барои он, ки ҳисобҳо ба кори воқеӣ моделҳо наздик карда шаванд, формулаҳои, ки дар меъёрҳо ва тавсияҳои амалкунанда, дар асоси таҳқиқотҳои гузаронидашудаи олимони ватани ва

хориҷи ратсионālӣ тағйир дода шавааст ва бо тарзи пешниҳод гардида ҳисоб карда шавааст.

Ҳамчунин қобилияти борбардории плита, ки дар ду тараф қор мекунад, чун қоида бо тарзи мувозинати худудӣ муайян карда мешавад, нисбати дигар тарзҳои ҳисоб, ки имконият медиҳад қобилияти борбардории унсурҳои конструкция бо тарзи сода ва осон муайян карда шавад. Дар ҳисоб бо тарзи мувозинати худудӣ тахмин карда мешавад, ки плита ба қисмҳои алоҳидаи ҳамвор шикаста мешавад (тасмагӣ ва ҳамсоя).

Бори худудии ҳисобиро аз шикасти тасмаи миёнаи плита бо фарзияи он, ки дар тасмаи дида шуда мафсилҳои пластикии хатӣ дар равоқ пайдо мешаванд ва ба меҳвари тасма параллелӣ мебошад, муайян карда мешавад: як мафсили пластикии хатӣ дар равоқ бо кушодашавии тарқиш аз поён ва як мафсили пластикии хатӣ дар тақягоҳ бо кушодашавии тарқиш аз боло.

$$q \frac{a \times b^2}{8} = M_{int} \quad (1)$$

$$M_{int} = R_s A_s Z_{np} = R_s (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c) \quad (2)$$

$$q \frac{l_y (l_x - 2c_x)^2}{8} = R_s \times A_{s,np} \times Z_{np} = R_s \times A_{s,np}^{мет} + R_f \times A_{f,np}^{пл} \quad (3)$$

Дар ҳисоби шикастҳои ҳамсоя қабул карда мешавад, ки дар миёнаи равоқ мафсилҳои пластикии хатии бо ҳамдигар амудӣ ва параллелӣ бо кушодашавии тарқиш аз поён пайдо мешаванд. Плита бо ин мафсилҳои пластикӣ ба чор қисм тақсим карда мешавад, ки дар гирди мафсилҳои пластикии хатии тақягоҳи тоб меҳуранд, меҳвари онҳо бошад дар минтақаи тақягоҳӣ ҷойгир мебошанд, чун қоида дар зери кунҷ дар қатори тақягоҳҳо.

$$q \frac{l_x \times l_y}{8} \left(\frac{l_x + l_y}{2} \right) = M_{ext} \quad (4)$$

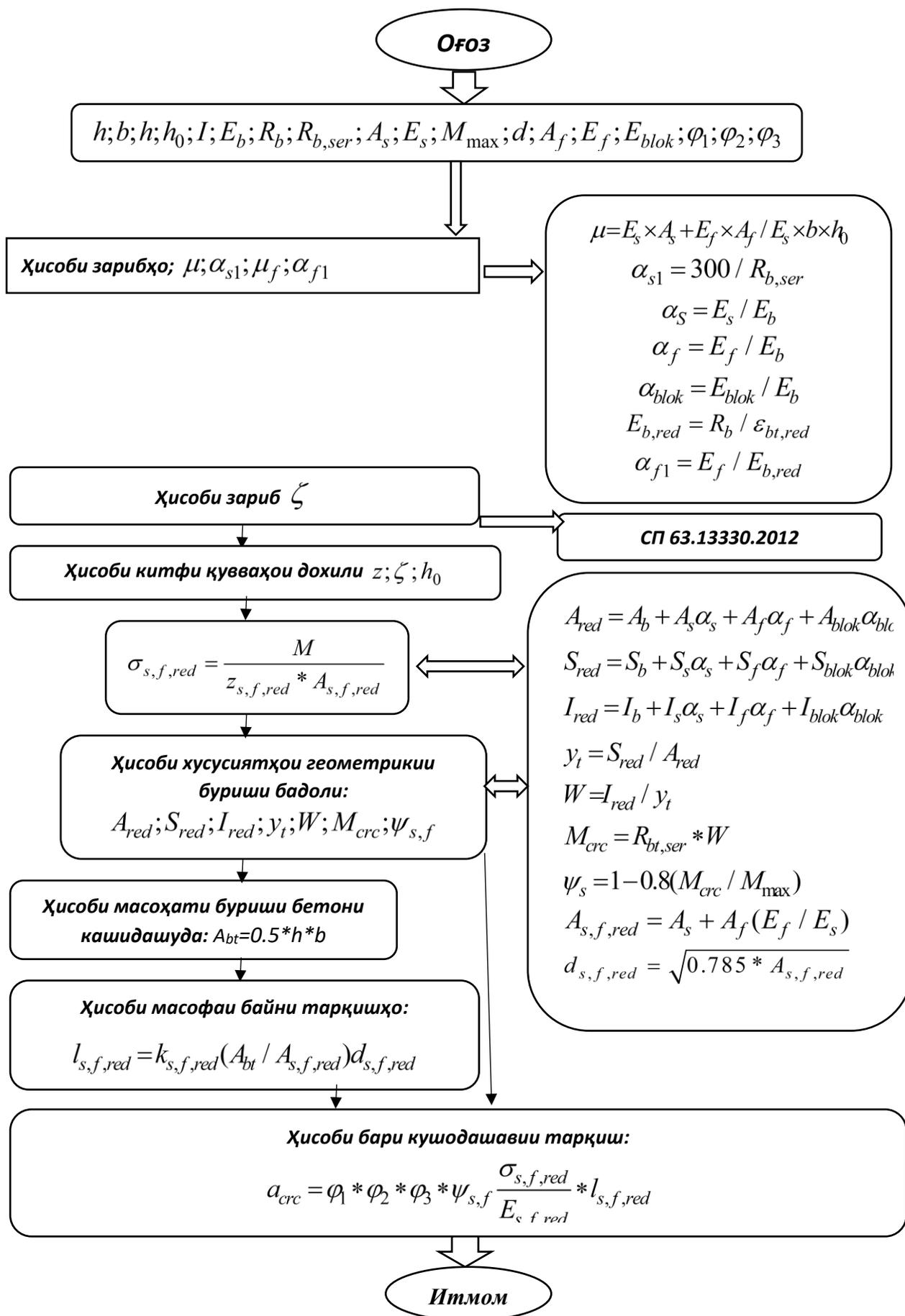
$$M_{ext} = \frac{R_s}{2} (A_{s,np}^k \times Z_{np}^k + A_{s,np}^c \times Z_{np}^c) \quad (5)$$

$$q \frac{l_x \times l_y}{8} \left(\frac{l_x + l_y}{2} - 2c + \frac{4}{3} \times \frac{c^3}{l_x \times l_y} \right) = \frac{R_s}{2} (A_{s,np}^k \times A_{s,np}^c); \quad (6)$$

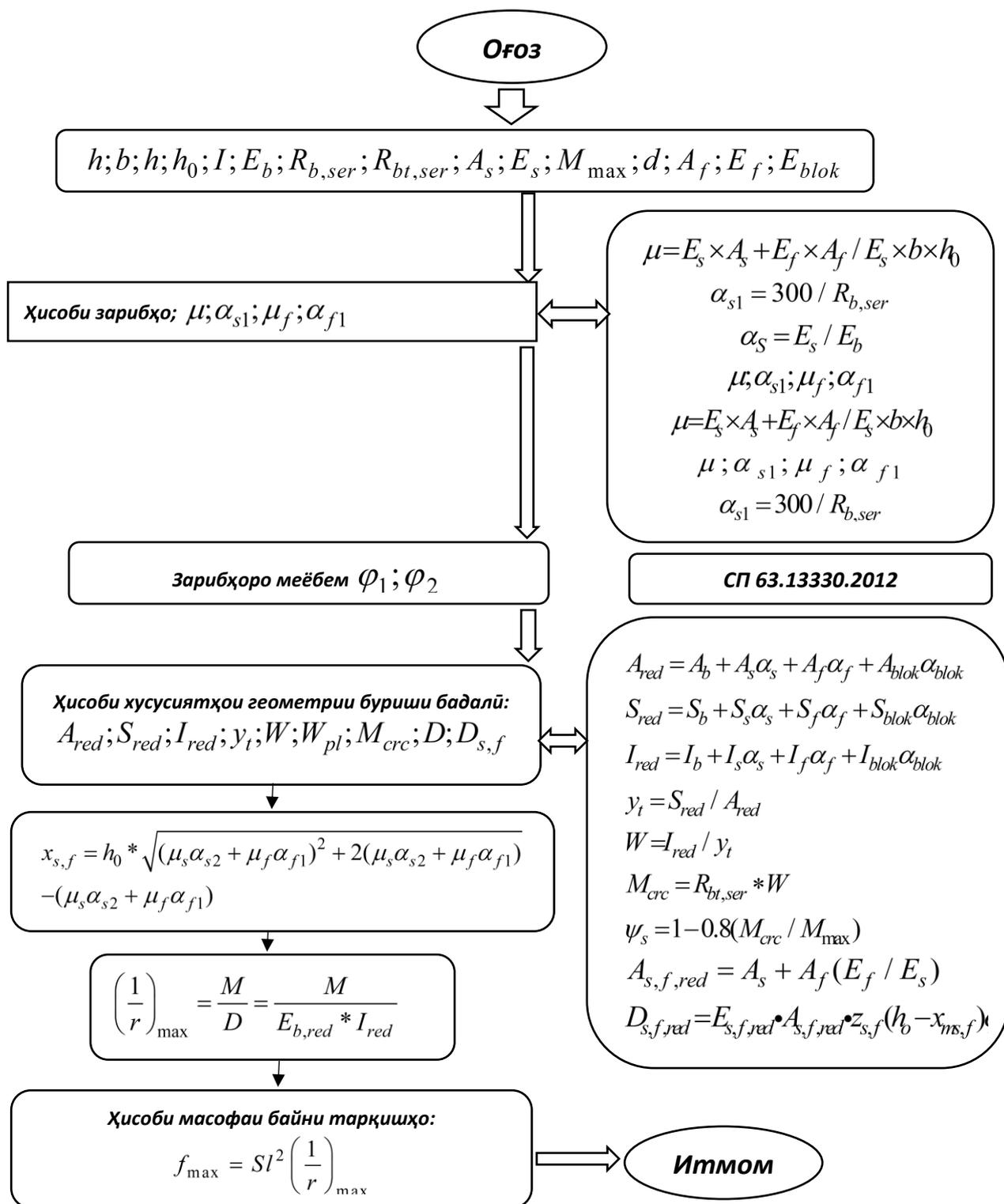
$$\left[\frac{R_s}{2} \times A_{s,np}^x \times Z_{np} + \frac{R_f}{2} \times A_{f,np}^x \times Z_{np} \right] + \left[\frac{R_s}{2} \times A_{s,np}^y \times Z_{np} + \frac{R_f}{2} \times A_{f,np}^y \times Z_{np} \right] \quad (7)$$

Дар ин ҷой q — бори додашудаи баробар тақсим кардашудаи ба плита; $l_x=166$ см — андозаи плита ба тарафи, амудӣ ба тасмаи додашуда ; $c_x=13$ см — масофаи аз мафсили пластикии канори то қатори тақягоҳи ба он наздик; $A_{s,кр}$ — масоҳати буриши арматураи пулодӣ дар канорҳои плита; $A_{f,np}^{пл}$ — масоҳати буриши арматураи шишапластикӣ дар мобайни плита; R_s — муқовимати ҳисобии арматураи пулодӣ, R_f — муқовимати ҳисобии арматураи композитӣ z_k ва z_n — китфи ҷуфти дохилӣ мувофиқан дар плитаҳои канори ва миёна .

Пайдарбандии ҳисобкунии плитаҳои омехта аз рӯи деформатсия дар расмҳои 13-14 нишон дода шудааст:

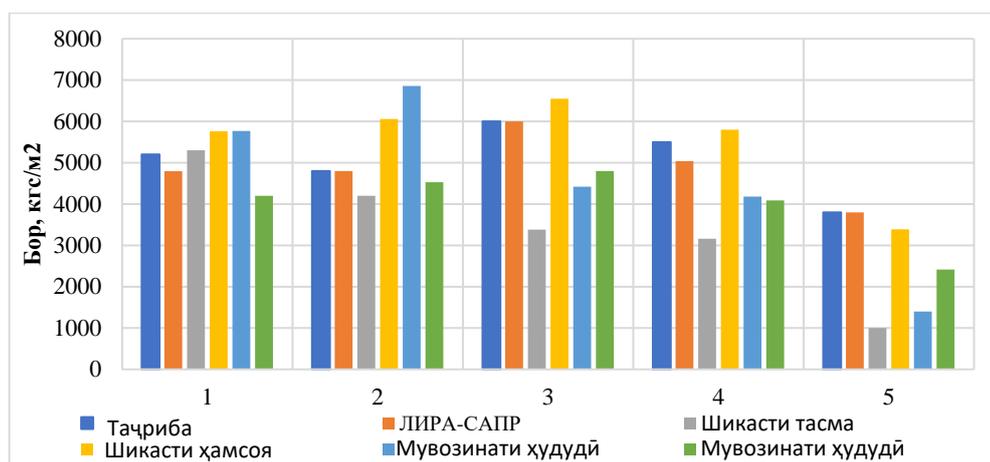


Расми 13. - Блок схемаи ҳисоби пайдошавӣ ва кушодашавии тарқиш дар плахтаҳои омехта



Расми 14. - Блок схемаи ҳисоби шаклтағйириҳо барои плахтаҳои омехта

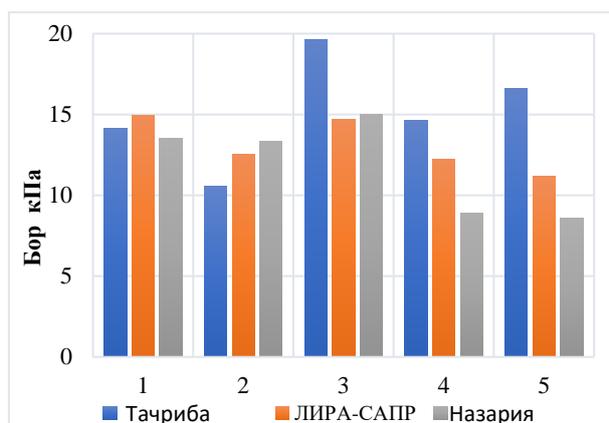
Қобилияти борбардории плахтаҳои омехта бо арматураи шишапластикӣ, ки бо таҷрибагузаронӣ ба даст омадааст, зиёдтар аз қобилияти борбардории он бо тарзи мувозинати ҳудудӣ мебошад. Дар муқоисаи қобилияти борбардории таҷрибавӣ бо моделсозии компютерӣ бо бузургҳои яқхела ва хусусиятҳои мустақамӣ борҳои вайронкунанда ва хусусиятӣ амалан яқхела буданд, фарқиати онҳо аз 7,76 - 8,36% - ро ташкил намуд, ки гувоҳи дақиқии натиҷаҳои таҳқиқотҳои таҷрибавро шаҳодат медиҳад.



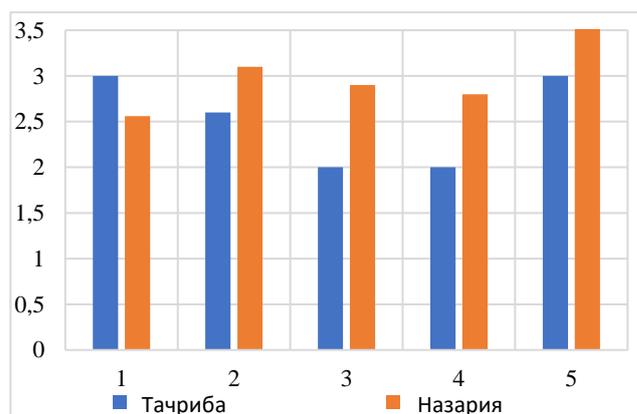
Расми 15. - Муқоисаи додашудаҳои мустаҳкамӣ

Боргузориҳои вайронкунандаи таҷрибавӣ бо армиронии муқаррарӣ ва армиронии омехтаи композитӣ аз назариявӣ зиёдтар мебошад. Барои армиронии муқаррарӣ бо арматураи пулодӣ зиёдшавӣ -9,89% барои тасмагӣ, +19,23% барои вайронии ҳамсоя ташкил менамояд, барои армиронии омехта бошад, барои намунаҳои 2,3 барои вайронии тасмагӣ 26%, барои вайронии ҳамсоя 5,62-20%. Бузургии зиёдшавӣ аз дараҷаи армиронӣ ва хусусиятҳои мустаҳкамии бетон вобаста мебошад. Дар ин ҳолат, дар намунаҳои 4,5, ки фисади армиронӣ ва синфи бетон суст мебошад ба 50% , қобилияти борбардории таҷрибавӣ аз қимати бо тарзи мувозинати ҳудудӣ бо тарзи вайроншавии тасмагӣ ҳисоб гардида барои намунаи 4 ба 76% зиёд мебошад, барои намунаи 5 ба 2,72 маротиба зиёд мебошад. Дар ҳолати вайронии ҳамсоя барои намунаи 4, 74,36%, барои намунаи 5, 63,6% ташкил медиҳад.

Бори таҷрибавӣ, ки ба пайдошавии тарқиш мувофиқат менамояд, аз қимати ҳисоби назариявӣ барои намунаи 1-3 аз 4,10-27,76% зиёд мебошад. Барои намунаҳои 4,5 баландтар ба 1,93 маротиба. Дар моделсозии компютерӣ, зиёдшавии боргузорӣ мувофиқан ба пайдошавии тарқиш 5,61-32,69% - ро ташкил намуд.



Расми 16. - Муқоисаи додашудаҳои тарқишпайдошавӣ

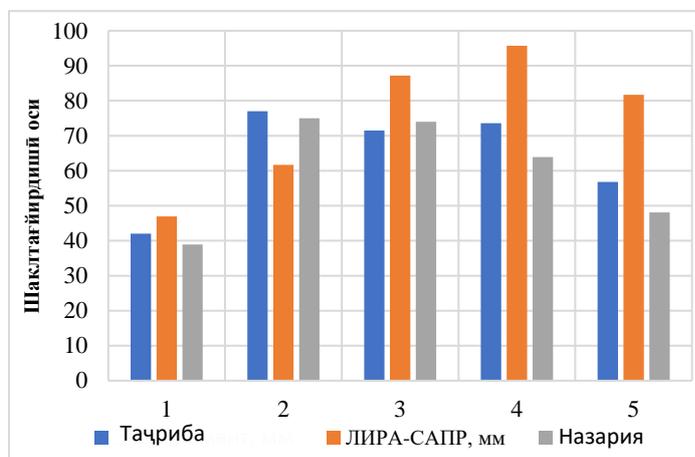


Расми 17. - Муқоисаи додашудаҳои кушодашавии тарқиш

Аз расмҳои овардашуда дида мешавад, ки бари кушодашавии назариявии тарқиш нисбати намунаи 1 ба 14,66% баҳодихӣ кам мешавад (расми 17).

Муқоисаи бари кушодашавии назариявӣ ва таҷрибавии тарқиш бо назардошти усули пешниҳодгардидаи ҳисоб барои плахтаҳои омехта қаноатбахш мебошад, қимати $a_{сгс}$ бо дараҷаи баланд, бари кушодашавии таҷрибавии тарқишро барои намунаҳои 2,3,4,5 зиёд мекунад ва 14,77-31,03%-ро ташкил менамояд.

Натиҷаи ҳамишхоро баҳодиҳи намуда, бояд қайд намуд, ки зиёдшавӣ барои ҳисобҳои назариявӣ аз 2,59-13,14% ташкил менамояд.



Расми 18. - Муқоисаи додашудаҳои ҳамиш

Барои модели компютерӣ бошад фарқият аз 10,56-30,47%-ро ташкил менамояд. Таҳқиқотҳои аналитикии плахтаҳои сабук гардонидашуда бо армиронии омехта аз таъсири бори арзӣ барои баҳодиҳии самараноки ва эътимоднокии усули пешниҳодгардидаи ҳисобҳо монандии байниҳамдигарии шаклтағйирноки, тарқишпайдошавӣ ва вайроншавиро нишон медиҳад.

Дар умум метавон ба хулосае омад, ки фарқияти калони таҷрибавӣ ва ҳисобҳои аналитикӣ дар намунаҳои 4,5 мушоҳида мешавад, новобаста ба ин модели компютерӣ бисёр бо сифат вайроншавии онҳоро такрор ва тасдиқ менамояд.

ХУЛОСАҲОИ АСОСИ

Натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия

1. Варианти пешниҳодшудаи плахтаҳои сабук бо арматураи омехта, ки ба равишҳои назариявӣ ва инженерӣ асос ёфтааст, сарфи масолаҳо дар сохтмон хеле кам карда, ба қисман истифода бурдани арматураи композитӣ мусоидат мекунад. Дар асоси таҳлили таҷрибаи истифодаи конструксияҳои омехта, таҳқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ тамоюли калон дида мешавад, ки ҳавасмандии сохтмончиёнро зиёд ҷалб менамояд. Аз ҳамин сабаб такмил додани ин гуна конструксияҳо ва системаҳо аз онҳо, инчунин гузаронидани таҳқиқотҳои таҷрибавию назариявӣ яке аз масъалаҳои актуалӣ мебошанд [8-М].

2. Нишондодҳои нави таҷрибавӣ оиди муқовимати конструксияҳои плахтаҳои омехта бо армиронии композитӣ ва блокҳои арболитӣ, ки ба ду тараф қатшаванда мебошанд ба даст омадааст. Нишондодҳо барои коркарди тавсияҳо, лоиҳасозии конструксияҳо ва системаҳо аз онҳо зарур мебошанд [2-М].

3. Таҳқиқоти физикӣ ва таҳлили маълумотҳо оқилона истифода бурдани армиронии омехтаро барои плахтаҳои сабук, аз таъсири бори баробар тақсимшаванда нишон медиҳад. Плахтаҳои омехтаи пурра бо арматураи пулодӣ армиронидашуда, нисбати плахтаҳои композитӣ, новобаста аз ҳиссаи арматура (серияҳои 2,3,4) ба истиснои (серияи 5) намоиши чандири нишон медиҳанд. Аммо, шиддати ниҳой дар ҳарду ҳолат муқоисашавандаанд, ки метавонанд чандириро ҷуброн кунад ва ҳамчун огоҳии пеш аз шикаст хабардор кунад [7-М].

4. Модели компютериї ҳолати шиддат-шаклтағйирии плитаҳои сабук бо армиронии омехта, дар асоси барномаи ЛИРА САПР 2021 R1 имкон медиҳад, ки натиҷаҳои ҳисоби техникӣ имконпазир ва ба маълумотҳои таҷрибавӣ наздик ба даст овард [3-М].

5. Таҳлилҳои назариявӣ нишон доданд, ки усули ҷой доштаи ҳисобҳо барои истифодаи амалӣ коршоям мебошанд, вале коркарди иловагӣ ва такмили онро бо мақсади мувофиқати дақиқ бо таҷриба ва таъмин намудани эътимоднокӣ талаб менамояд [4-М].

ТАВСИЯҲО БАРОИ ИСТИФОДАИ АМАЛИИ НАТИҶАҲО

1. Лексияҳо барои тайёр намудани магистрҳо ва мутахассисони соҳаи биноу иншоотҳои нодир.

2. Истифодаи натиҷаҳои таҳлили таҷрибавӣ барои такмил додани назарияи муқовимати конструксияҳои омехта нисбат ба плитаҳои ба ду самт катшаванда.

3. Истифодаи маълумотҳои таҷрибавӣ барои таҳияи механикаи ғайрихаттии системаҳои сохтори якхела.

4. Истифодаи модели пешниҳодшуда барои сохтмони биноҳои серошӯна ба мақсади сарфа намудани масолеҳҳо ва оқилона ҷо ба ҷо гузоштани онҳо дар системаҳои панели синҷӣ.

Муҳтавои асосии рисола дар қорҳои зерини муаллиф нашр шудааст: Мақолаҳо дар маҷаллаҳои илмӣ Рӯйхати ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ФР.

[1-М] Шарифов А.Х. Результаты экспериментальных исследований облегченных монолитных плит перекрытий с комбинированным армированием / Ю.А. Иващенко, А.Х. Шарифов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 14–21. DOI: 10.14529/build200302

[2-М] Шарифов А.Х. Экспериментальные исследования прочности, жесткости и трещиностойкости облегченных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А.Дж. Рахмонзода // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 5–15. DOI: 10.14529/build210401

[3-М] Шарифов А.Х. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния облегченных изгибаемых плит с комбинированным армированием (ОПКА) / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А.Д. Рахмонзода, И.С. Дербенцов, С.И. Рахимов // Политехнический вестник. Серия «Инженерные исследования». – 2022. - № 2(58) 2022. С. 164-170.

[4-М] Шарифов А.Х. Методика расчета облегченных изгибаемых плит с комбинированным армированием (ОПКА) по прочности, жесткости и трещиностойкости / А.Х. Шарифов // Политехнический вестник. Серия «Инженерные исследования». – 2022. - № 4(60) 2022. С. 132-139.

Дар дигар нашрияхо

[5-M] Sharifov A.Kh. Experimental Studies of Lightweight Slabs with Combined Reinforcement / Abubakr Sharifov, Yuliy Ivashenko, Ahmadjon Rakhmonzoda, Ilkhom Yatimov, Azamjon Mahmudov // AIP Conference Proceedings 2632, 020011 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0099007>

[6-M] Шарифов А.Х. Анализ результатов исследований облегченных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А.Дж. Рахмонзода // Материалы международной научно-практической конференции “Технические науки и инженерное образование для устойчивого развития” – часть 2 // Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими. Душанбе. - 2021. С. 157–165

[7-M] Шарифов А.Х. Анализ экспериментальных данных облегченных железобетонных плит с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов // Строительный вестник Тюменской области, журнал «Архитектура, строительство, транспорт», 2022. № 4 (102). С. 36–45

[8-M] Шарифов А.Х. Облегченная железобетонная плита с комбинированным армированием / А.Х. Шарифов, Ю.А. Иващенко, А. Дж. Рахмонзода // VI Международная (XII Всероссийская) конференция Строительство и застройка: жизненный цикл – 2022. Чебоксары: ИД «Среда» 2022. – С. 163–173.

ШАРҲИ МУХТАСАР

рисолаи Шарифов Абубакр Хайдарович дар мавзӯи «Таҳқиқоти пластаҳои сабук бо армиронии омехта», барои дарёфти дараҷаи илмӣ номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.23.01 – «Конструксияҳои сохтмонӣ, биноҳо ва иншоот»

Калимаҳои калидӣ: арматураи композитӣ, армиронии омехта, конструксияҳои сохтмонӣ, пластаҳои қатшавандаи, пластаҳои сабук, арматураи нахи шишагӣ.

Мақсади таҳқиқот: таҳлил ва гирифтани маълумотҳои таҷрибавӣ, оиди муқовимати пластаҳои омехтаи конструктивӣ ба ду тараф қатшаванда ва омӯзиши имкониятҳои истифодабарии усулҳои ҳисоби мавҷуда, барои лоиҳабанди аз таъсири борҳои баробар тақсимшаванда.

Объекти таҳқиқот – пластаи монолитии сабук гардонидашуда бо армиронии омехта, ки дар ду тараф қатшаванда мебошад.

Предмети таҳқиқот – мустаҳкамӣ, мазбӯтӣ, тарқишустуворӣ, шаклтағйирӣ дарозшавӣ ва кӯтоҳшавӣ дар буришҳои кодокии бетони пластаи омехта.

Усулҳои тадқиқот ба усулҳои умумии тадқиқоти илмӣ асос ёфтаанд: таҷрибаи физикӣ дар асоси ҳуҷҷатҳои меъёрии ҷорӣ (ГОСТ 8829-08), таҳлил, моделсозии компютерӣ бо усули элементҳои ниҳой, моделсозии математикӣ.

Натиҷаҳои бадастомада ва навоариҳои онҳо: коркарди пластаҳои сабуки ба ду тараф қатшаванда, бо армиронии омехта; маълумотҳои ососнокӣ таҳқиқотӣ аз таъсири бори баробар тақсимшаванда дар вобастагии хусусиятҳои зерин: тарқишустуворӣ, шаклтағйирноки аз рӯи ҳамаҷиба, бори кӯтоҳшавии тарқиш, равандҳо ва схемаи инкишофи тарқиш; истифодаи модели унсур - канорӣ (УК) барои ҳисоби пластаи сабук бо армиронии омехта аз таъсири бори арзӣ ба намуди модели сеандозаи ғайрихаттӣ дар ҳамаи марҳилаҳои боргузорӣ, яқоя бо марҳилаи вайроншавӣ; таъсири бузургҳои интиҳобшаванда (варьируемых) ба қори ба пластаи сабук гардонидашудаи болопушҳо ва бомпушҳо бо армиронии омехта; коркарди усули ҳисоби пластаҳои сабук бо армиронии омехта.

Тавсияҳо барои истифода ва доираи натиҷаҳо: Истифодаи натиҷаҳои таҳлили таҷрибавӣ барои тақвим додани назарияи муқовимати конструксияҳои омехта нисбат ба пластаҳои ба ду самт қатшаванда; Истифодаи маълумотҳои таҷрибавӣ барои таҳияи механикаи ғайрихаттии системаҳои сохтмонӣ яқхела: Истифодаи модели пешниҳодшуда барои сохтмони биноҳои серошёна ба мақсади сарфа намудани масолаҳо ва оқилона ҷо ба ҷо гузоштани онҳо дар системаҳои панели синҷӣ; Натиҷаҳои қори диссертсионӣ дар раванди таълимии ДДУҶ и ДТТ, барои омӯзиши донишҷӯён ва магистрантони ихтисоси “Сохтмон” курсҳои махсуси “Конструксияҳои оҳанубетонӣ ва сангин” истифода шудааст

РЕЗЮМЕ

диссертации Шарифова Абубакра Хайдаровича на тему
«Исследование облегченных плит с комбинированным армированием» на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Ключевые слова: композитная арматура, комбинированное армирование, строительные конструкции, изгибаемые плиты, облегченные плиты, стеклопластиковая арматура.

Целью исследования является получение и анализ экспериментальных данных о сопротивлении комбинированной конструкции плит, изгибающихся в двух направлениях, и изучение возможности применения существующих методов расчета для их проектирования при воздействии поперечной распределенной нагрузки.

Объект исследования - облегчённая монолитная плита с комбинированным армированием.

Предмет исследования – прочность, жесткость, трещиностойкость, комбинированной плиты.

Методы исследования основаны на общенаучных методах исследования: физический эксперимент на основе действующих нормативных документов (ГОСТ 8829-08), анализ, компьютерное моделирование методом конечных элементов, математическое моделирование.

Полученные результаты и их новизна: разработка облегченной плиты, изгибаемой в двух направлениях с комбинированным армированием; экспериментальные данные о зависимости следующих характеристик от внешней распределенной нагрузки: трещиностойкость, деформативность по прогибам, ширина раскрытия трещин, процесс и схемы развития трещин; конечно–элементной (КЭ) модель для расчета облегченных плит с комбинированным армированием; влияния варьируемых параметров на работу облегченных плит с комбинированным армированием; методика расчета облегченных плит с комбинированным армированием.

Рекомендации по использованию и область применения результатов. Использования результатов анализа экспериментальных данных для совершенствования теории сопротивления комбинированных конструкций применительно к плитам, изгибаемым в двух направлениях; Использования экспериментальных данных при разработке нелинейной механики неоднородных конструктивных систем; Использования предлагаемого варианта комбинированной конструкции каркасно-панельных систем при строительстве малоэтажных зданий различного назначения с целью экономии материалов и их рационального размещения. Основные положения диссертации внедрены в учебный процесс ЮУрГУ и ТГУ при изучении студентами и магистрантами специальности «Строительство» спецкурса железобетонных, бетонных и каменных конструкций

SUMMARY

dissertation of Sharifov Abubakr Khaidarovich on the topic " Investigation of lightweight slabs with combined reinforcement", for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.23.01 - "Construction structures, buildings and facilities"

Key words: composite reinforcement, combined reinforcement, building structures, flexible slabs, lightweight slabs, fiberglass reinforcement.

The aim of the study is to obtain and analyze experimental data on the resistance of the combined design of plates bending in two directions, and to study the possibility of using existing calculation methods for their design under the influence of a transverse distributed load.

The object of study is a lightweight monolithic slab with combined reinforcement, bent in two directions.

The subject of the study is the strength, stiffness, crack resistance, elongation and shortening deformation in the span sections of the concrete of the combined slab.

Research methods are based on general scientific research methods: a physical experiment based on current regulatory documents (GOST 8829-08), analysis, computer modeling by the finite element method, mathematical modeling.

The results obtained and their novelty: development of a lightweight slab that can be bent in two directions with combined reinforcement; experimental data on the dependence of the following characteristics on the external distributed load: crack resistance, deflection deformability, crack opening width, process and patterns of crack development; finite element (FE) model for calculating lightweight slabs with combined reinforcement; the influence of variable parameters on the operation of lightweight slabs with combined reinforcement; method for calculating lightweight slabs with combined reinforcement.

Recommendations for use and scope of results. Using the results of the analysis of experimental data to improve the theory of resistance of combined structures in relation to plates bending in two directions; Use of experimental data in the development of nonlinear mechanics of inhomogeneous structural systems; The use of the proposed variant of the combined design of frame-panel systems in the construction of low-rise buildings for various purposes in order to save materials and their rational placement. The main provisions of the dissertation are implemented in the educational process of SUSU and TTU when students and undergraduates of the specialty "Construction" study the special course of reinforced concrete, concrete and stone structures.