

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Строительство и архитектура»  
Направление подготовки 08.04.01 – «Строительство»  
Профиль – «Инновационные технологии в строительстве»

## АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

Эффективное армирование опорных зон  
безбалочных перекрытий

Студент группы 1ПСМ-1

\_\_\_\_\_

*подпись, дата*

П.А. Беркунов

Научный руководитель,  
канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_

*подпись, дата*

В.А. Дзюба

Коротченко  
Лариса Никитовна  
**Проверено**  
05.07.2023 Зачтено Библиотека

2023

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность.** В современном строительстве трудно представить возведение крупных зданий и других объектов без качественных строительных материалов, основным из которых является монолитный железобетон. Безбалочные перекрытия — это чрезвычайно простые несущие конструкции, которые состоят из железобетонных плит одинаковой толщины. Монолитные безбалочные перекрытия составляют значительный объем современного домостроения, поэтому исследование их эффективного армирования представляет большой практический интерес.

**Объект исследования** – Монолитные безбалочные перекрытия.

**Предмет исследования** – Эффективное армирование монолитных безбалочных перекрытий.

**Целью диссертационной работы является исследование эффективного армирования монолитных безбалочных перекрытий различной толщины.**

**Методы исследования.** В проведенных исследованиях применялись теоретический и расчетно-аналитические методы. Методической базой диссертационной работы являются работы В.А. Дзюбы, Ю.А. Родиной, Н.В. Байкова, А.М. Белостоцкого, Л.Л. Паныщина и др.

Личное участие автора состоит в комплексном решении проблемы эффективного армирования безбалочных перекрытий и получения научных результатов, отраженных в опубликованных работах, разработке рекомендаций по совершенствованию конструкции и технологии.

**Достоверность и обоснованность работы** обеспечивалась комплексом теоретических и расчетно-аналитических исследований, который, базируется на общих принципах фундаментальной науки и научных основах прогрессивной техники и технологии. В работе приведены результаты расчетов монолитных плит разной толщины и высоты. Расчетные схемы построены с помощью «Лира Сапр» и «Сапфир», расчеты произведены с помощью «MathCad».

**Научная новизна:** полученные в результате исследования новые данные о поведении монолитных безбалочных перекрытий с разным сечением колонн и разной их длиной, а также влияние толщины перекрытия на его, напряжённо деформированное состояние и армирование

### **Практическая значимость**

Результаты исследований поведения монолитного безбалочного перекрытия с опиранием на колонны различного поперечного сечения и разной высотой колонн под нагрузкой позволят повысить надёжность проектирования монолитных железобетонных конструкций многоэтажных зданий.

### **Апробация работы.**

Основные положения диссертации опубликованы в трех научных статьях. Материалы диссертации доложены и апробированы на трех конференциях:

- Беркунов П.А. Дзюба В.А. Эффективное армирование опорных зон безбалочных перекрытий / П.А. Беркунов В.А. Дзюба // Материалы международной научно практической конференции «Региональные аспекты науки развития и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия (2021 г.)» - С. 115-117.

- Беркунов П.А. Дзюба В.А. Расчет армирования плиты монолитного безбалочного перекрытия// Материалы международной научно практической конференции «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований (2023 г.)»

- Беркунов П.А. Дзюба В.А. Эффективная толщина монолитных безбалочных перекрытий // Материалы международной научно практической конференции «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований (2023 г.)»

**Личный вклад.** В диссертации представлены результаты исследования, полученные автором самостоятельно. Автору принадлежит:

- постановка задачи исследования;
- анализ литературных источников;
- разработка методик и проведение экспериментальных исследований;
- обработка полученных результатов и их обобщение;
- выработка практических рекомендаций.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 124 страницах машинописного текста, содержит 6 таблиц, 85 рисунка и список литературы, включающий 35 наименований.

#### **Основное содержание работы**

**Введение.** Во введении обоснована актуальность диссертационной работы.

**В главе 1 «Конструкции монолитных зданий»** рассматриваются конструктивные схемы зданий, конструкции монолитных и безбалочных перекрытий (Рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Конструкция монолитного безбалочного перекрытия

Конструктивные схемы зданий делятся на:

1. монолитные здания с несущими внутренними стенами;  
В домах с монолитными и сборно-монолитными наружными стенами внутренние несущие стены выполняют монолитными однослойными толщиной не менее 160 мм из тяжёлого бетона и толщиной не менее 180 мм из лёгкого конструктивного бетона на пористых заполнителях
2. монолитные здания с несущими наружными и внутренними стенами;
3. монолитные здания с каркасной системой конструкций;

Домостроительная система сборно-монолитного каркаса позволяет:

- оптимизировать конструкцию здания;
- упростить монтаж каркаса;
- выполнять условия блокировки с другими системами домостроения: монолитными, каркасными, кирпичными, панельными;
- достичь быстрого увеличения объемов строительства;
- сократить сроки строительства;

- снизить стоимость строительства.

Сборно-монолитный каркас имеет смешанную конструктивную схему с продольными и поперечными ригелями (Рис. 1.2).

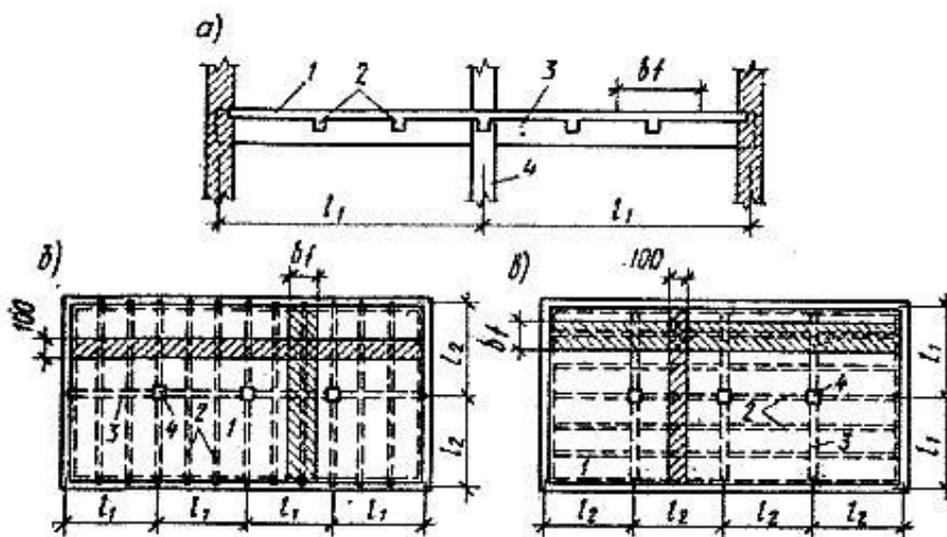


Рисунок 1.2 - Конструктивные схемы монолитных ребристых перекрытий с балочными плитами

1- плита; 2 - второстепенная балка; 3 - главная балка; 4 - колонна

Монолитные перекрытия разделяют на Балочные и безбалочные при этом балочные перекрытия могут быть ребристыми с балочными плитами и ребристыми с плитами, работающими в двух направлениях.

Конструкции монолитных безбалочных перекрытий

Такие конструкции не имеют несущих балок, а устанавливаются на несущие стеновые конструкции либо на опоры.

1. При проектировании многоэтажных зданий, наиболее эффективными являются следующие каркасные конструктивные схемы зданий

- каркасно-стенная,
- каркасно-ствольная,
- каркасно-оболочковая,
- ствольно - стенная,
- оболочково - стенная,
- ствольно - оболочковая.

2. На современном этапе проектирования наиболее эффективными и прогрессивными являются здания, возводимые из монолитного железобетона.

3. Для оценки прочности несущих систем многоэтажных зданий следует отдавать предпочтение деформационной модели расчета железобетонных конструкций, которая позволяет определять истинное напряженно-деформированное состояние несущей системы.

4. При оценке напряженно-деформированного состояния несущих систем многоэтажных зданий следует учитывать физическую нелинейность железобетона в расчетах несущих систем.

**Глава 2. «Основные расчетные положения»** рассматриваются расчеты плит перекрытия на пластические деформации в расчетных сечениях безбалочных перекрытий. Вычисления производим с учетом МКЭ или метода заменяющих рам. Расчет по раскрытию трещин и по деформациям. Так же производится оценка способности к пластическому деформированию и выбор конструктивных решений безбалочных перекрытий. Производится армирование плит перекрытия в местах отверстий и разбирается общее армирование всей плиты.

Метод конечных элементов (МКЭ) - основной метод современной строительной механики. Суть метода конечных элементов заключается в разбиении всей области, занимаемой конструкцией, на некоторое количество малых подобластей с конечным размером. Каждый элемент рассматривается как отдельный конечный элемент. Применяемые виды конечных элементов: стержень, пластина. Для получения точных данных с помощью Лиры создаем в местах примыкания колонны и плиты АЖТ – абсолютно жесткое тело это позволяет уменьшить значения изгибающих моментов, возникающих на опоре и избежать переармирования плиты. Абсолютно жесткие вставки используются, как правило, при нарушении соосности стыковки стержней в узле. Так же может быть использован метод заменяющих рам данный метод расче-

та используется при проектировании железобетонных каркасов, которые состоят из колонн и плит, жестко соединенных друг с другом и применяется для расчетов ребристых перекрытий, в том числе и безбалочных.

Расчет нормальных сечений на действие изгибающих моментов

Расчет прочности конструкций безбалочных перекрытий при действии изгибающих моментов следует производить для сечений, нормальных к их продольной оси. Расчет по прочности нормальных сечений следует производить в зависимости от соотношения между значением относительной высоты сжатой зоны бетона.

В статически определимых конструктивных элементах перекрытий способность расчетных сечений к пластическому деформированию может обеспечить безопасность конструкций только в случае кратковременного динамического аварийного воздействия за счет диссипации (рассеяния) энергии, в статически неопределимых системах при статическом нагружении за счет перераспределения усилий, а также диссипации энергии при внешнем аварийном динамическом воздействии.

В соответствии с требованиями ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» и основных нормативных документов по проектированию железобетонных конструкций для повышения их безопасности при различных видах внешних воздействий необходимо обеспечить возможность пластического деформирования расчетных сечений основных несущих частей здания и в первую очередь горизонтально расположенных конструктивных элементов (балок, плит).

Пластическое деформирование расчетных сечений железобетонных элементов после достижения в растянутой арматуре деформаций, соответствующих пределу текучести, обеспечивается, в основном, их геометрическими характеристиками, а также пластическим деформированием растянутой арматуры.

Расчет по раскрытию трещин производится после образования трещин в растянутых зонах железобетонных элементов при дальнейшем увеличении

нагрузки происходит их раскрытие (Рис. 2.1) (стадия II напряжённо деформированного состояния).

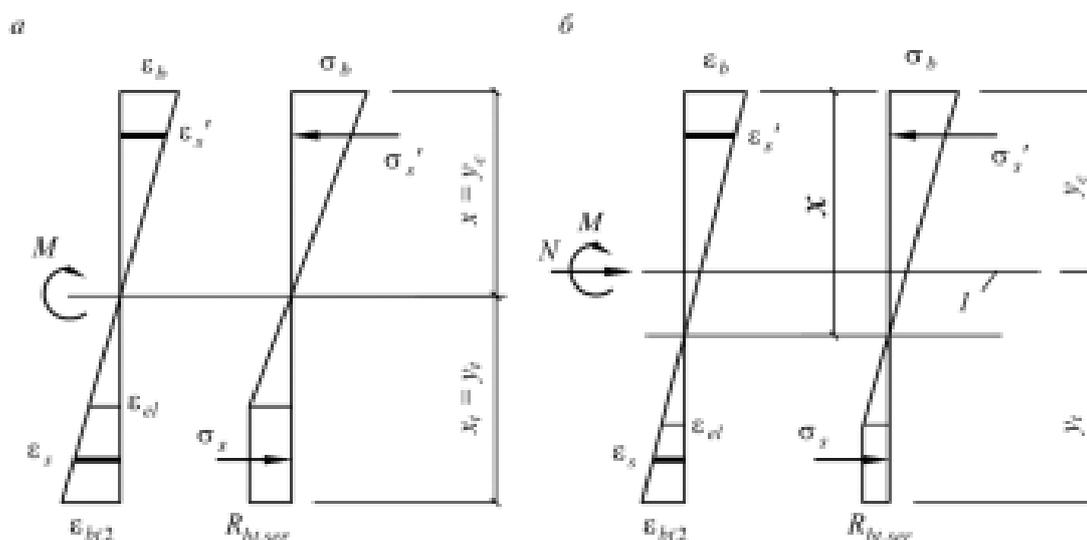


Рисунок 2.1 - Схема напряженно-деформированного состояния сечения элемента при проверке образования трещин при действии изгибающего момента (а), изгибающего момента и продольной силы (б)

1 – уровень центра тяжести приведенного поперечного сечения

Расчёт по раскрытию трещин осуществляется для следующих конструкций:

- не подвергаемых предварительному напряжению;
- для предварительно напряжённых железобетонных элементов, относящихся к 3-ей категории трещиностойкости, проводится проверка на непродолжительное и продолжительное раскрытие трещин;
- для предварительно напряжённых элементов 2-й категории трещиностойкости выполняется проверка на кратковременное раскрытие трещин.

Так как на здание действуют нагрузки необходимо производить расчет по деформациям.

Вычисление элементов железобетонных систем по деформациям производят вместе с учетом рабочих условий, предъявляемых к системам. Вычисление согласно деформациям необходимо осуществлять на действие:

1. постоянных, временных длительных и временных нагрузок при ограничении деформаций технологическими или конструктивными требованиями;
2. постоянных и временных длительных нагрузок при ограничении деформаций эстетическими условиями.

Прогибы железобетонных систем определяют согласно единым законам строительной механики в зависимости от изгибных, сдвиговых, а также осевых деформационных данных железобетонных элементов в сечениях по его длине.

Методика оценки способности к пластическому деформированию расчетных сечений и выбор рациональных конструктивных решений безбалочных железобетонных перекрытий.

Разрушение монолитных железобетонных перекрытий зданий и сооружений происходит, в основном, при действии аварийных воздействий на стадии возведения конструкций или их эксплуатации.

К аварийным воздействиям относятся не предусмотренные проектом кратковременные воздействия технологического характера. Наибольшую опасность представляют аварийные воздействия, вызывающие усилия в расчетных сечениях превышающие предусмотренные расчетом. В этом случае несущая способность сечений обеспечивается резервами по прочности, назначаемыми при проектировании, а также определяется их способностью к пластическому деформированию.

В статически определимых конструктивных элементах перекрытий способность расчетных сечений к пластическому деформированию может обеспечить безопасность конструкций только в случае кратковременного динамического аварийного воздействия за счет диссипации (рассеяния) энергии, в статически неопределимых системах при статическом нагружении за счет перераспределения усилий, а также диссипации энергии при внешнем аварийном динамическом воздействии.

Армирование плоских плит следует осуществлять продольной арматурой в двух направлениях, располагаемой у нижней и верхней граней плиты, а в необходимых случаях (согласно расчету) и поперечной арматурой, располагаемой у колонн, стен и по площади плиты. На концевых участках плоских плит следует устанавливать поперечную арматуру в виде П-образных хомутов, скрытых балок, или же предусматривать утолщения по краю плиты, обеспечивающие восприятие крутящих моментов в этом месте и необходимую анкеровку концевых участков продольной арматуры.

Для сокращения расхода арматуры можно устанавливать её по всей площади плиты нижней и верхней арматуры, отвечающей минимальному проценту армирования, а на участках, где действующие усилия превышают усилия, воспринимаемые этой арматурой, установку дополнительной арматуры, в сумме с вышеуказанной арматурой, воспринимающей действующие на этих участках усилия. Такой подход приводит к достаточно сложному армированию перекрытий, требующему более тщательного контроля арматурных работ.

Армирование плит перекрытия в местах стыковки плиты и колонны (Рис. 2.2)

Отверстия значительных размеров (300 мм и более) в монолитных железобетонных плитах должны окаймляться дополнительной арматурой с суммарным сечением не менее сечения рабочей арматуры. Отверстия до 300 мм при армировании сварными сетками и каркасами специальными стержнями не окаймляют.

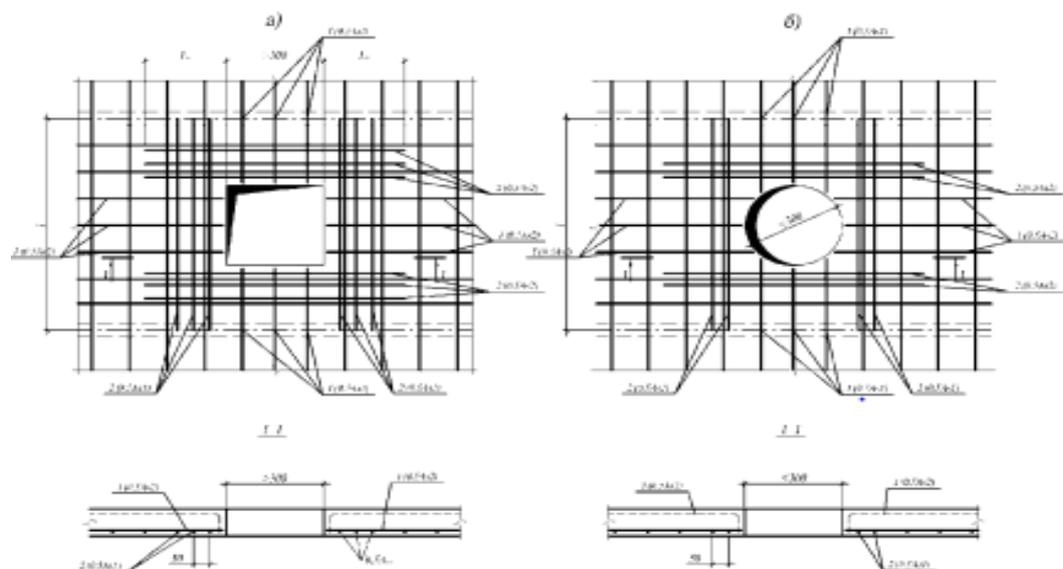


Рисунок 2.2 - Армирование плит в местах отверстий

а, б – отверстия шириной соответственно более 300 и до 300 мм; 1 – стержни арматуры плиты; 2 – специальные стержни арматуры, окаймляющие отверстие

### Выводы по 2 главе:

1. При расчете монолитных безбалочных перекрытий, определение изгибающих моментов проводится с помощью метода конечных элементов или метода заменяющих рам. Следует выполнять расчет по деформациям и расчет по раскрытию трещин.

2. При назначении армирования монолитных безбалочных перекрытий следует учитывать толщину. При анализе эффективной толщины плиты, сечение и высоту колонны.

3. При проектировании монолитных безбалочных перекрытий следует предусматривать дополнительное армирование в местах сопряжения безбалочных плиты перекрытия и колон, их поддерживающих.

### Глава 3. «Исследование напряженно-деформированного состояния монолитных безбалочных перекрытий различной толщины».

В данной главе приведены результаты исследований монолитных безбалочных перекрытий различной толщины при изменении сечения и длины поддерживающих их колонн. В проведенных исследованиях рассматривались

три варианта монолитных перекрытий толщиной 16см, 18см и 20см. При этом варьировались и размеры сечений поддерживающих их колонн: 40\*40см, 60\*60см и 80\*80см, а также длина колонн назначалась 2,7м, 3,0м и 3,5м. Расчет производился по программе ЛИРА САПР. Расчетная модель перекрытия для двухэтажного фрагмента здания показана на рисунке 3.1 при увеличении длины колонн (снижении погонной жесткости) отрицательные изгибающие моменты вблизи колонн увеличивались соответственно на 10% и 15%.

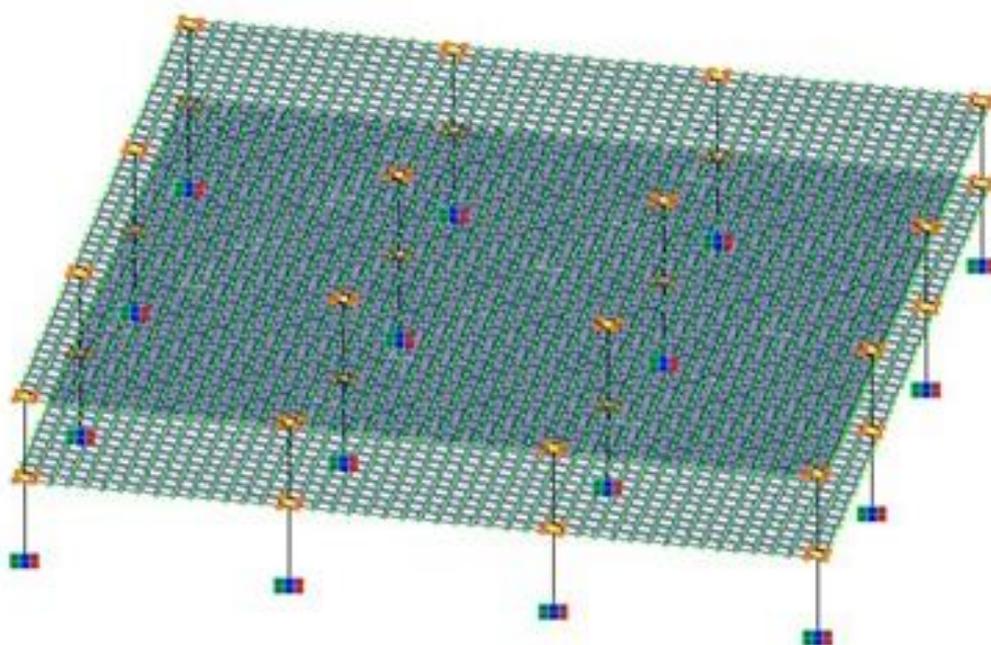


Рисунок 3.1 - Расчетная модель безбалочного перекрытия

Пролетные моменты согласно линии изгиба снижались. При анализе эффективной толщины плиты последовательно были выполнены расчеты перекрытий с высотой сечения 20см, 18см, 16см. Нагрузка на квадратный метр перекрытия за счет уменьшения толщины снижалась на 4,2% и 8,4% соответственно. В середине пролетной полосы тенденция сохранялась - для плиты 200мм назначалась арматура 14мм, а для перекрытия 180мм и 160мм арматура имела повышенный диаметр, равный 16мм. Аналогично назначалось армирование и верхней арматуры. Значения прогибов для всех перекрытий не

превышали предельно допустимых величин. Так для плиты толщиной 200мм прогиб составил 0,454см, а для плит 180мм и 160мм соответственно 0,587см и 0,781см.

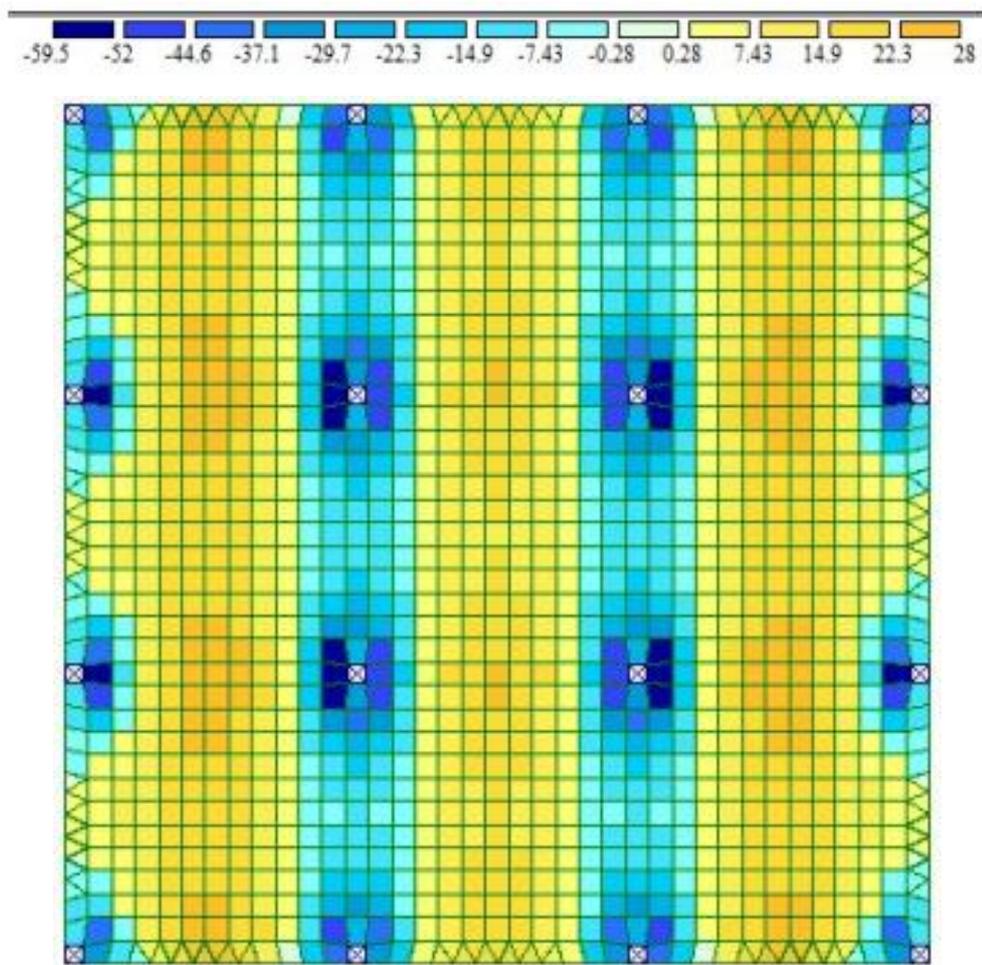
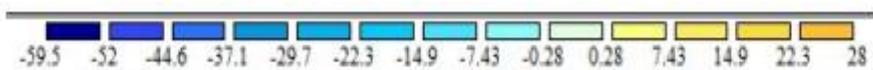


Рисунок 3.2 – Мозаика напряжений  $M_x$  для плиты 20см с сечением колонн 40х40



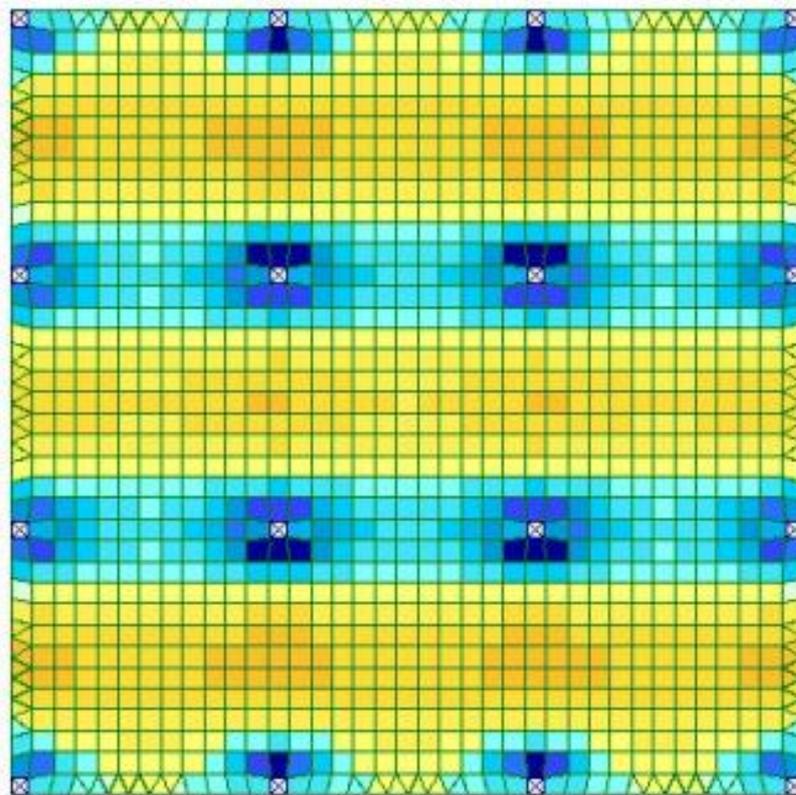


Рисунок 3.3 – Мозаика напряжений  $\mu_u$  для плиты 20см с сечением колонн 40х40

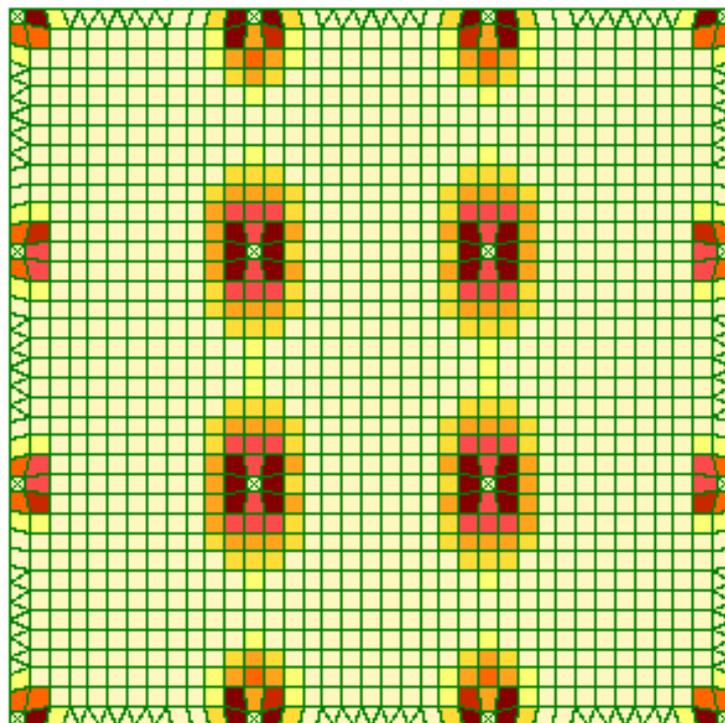
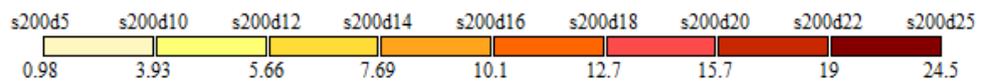
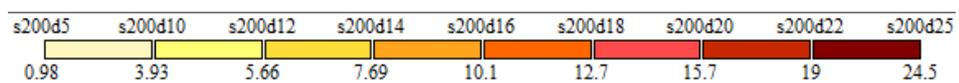


Рисунок 3.4 – Верхнее армирование по оси X для плиты 20см с сечением колонн 40х40



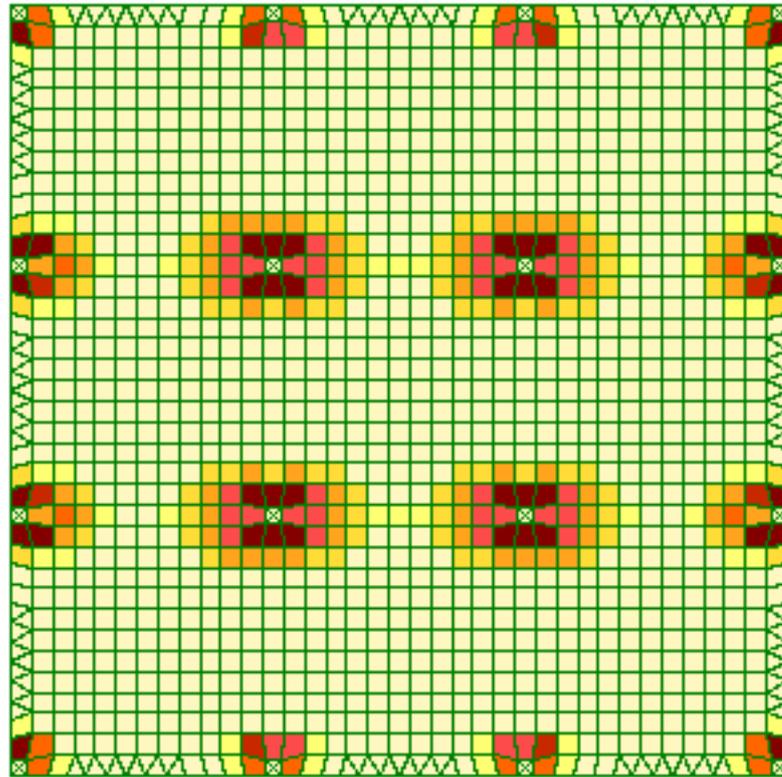


Рисунок 3.5 – Верхнее армирование по оси Y для плиты 20см с сечением колонн 40х40

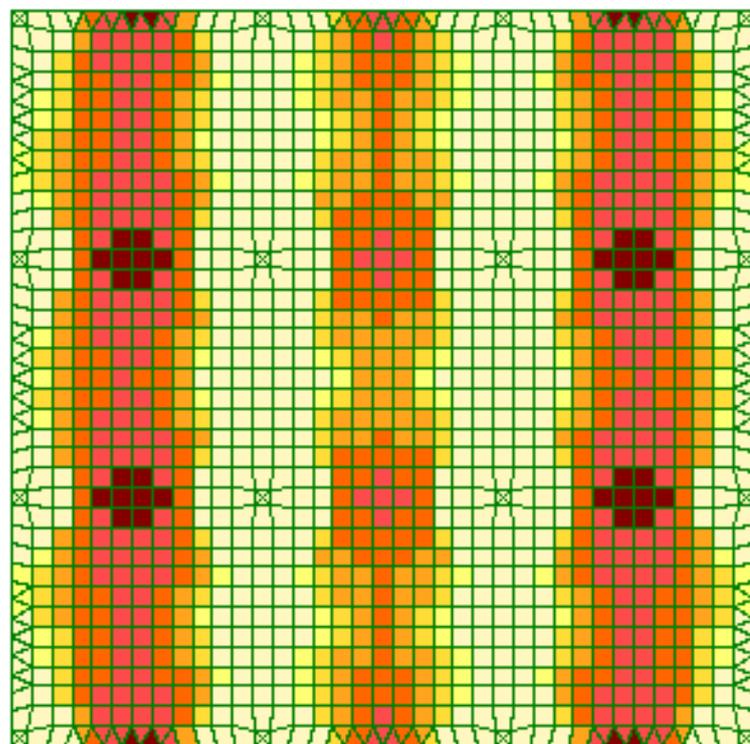
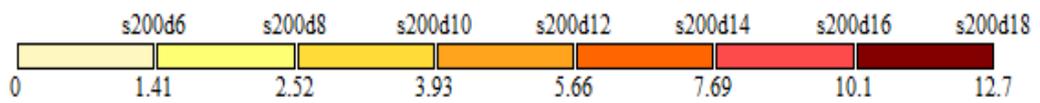


Рисунок 3.6 – Нижнее армирование по оси X для плиты 20см с сечением колонн 40х40

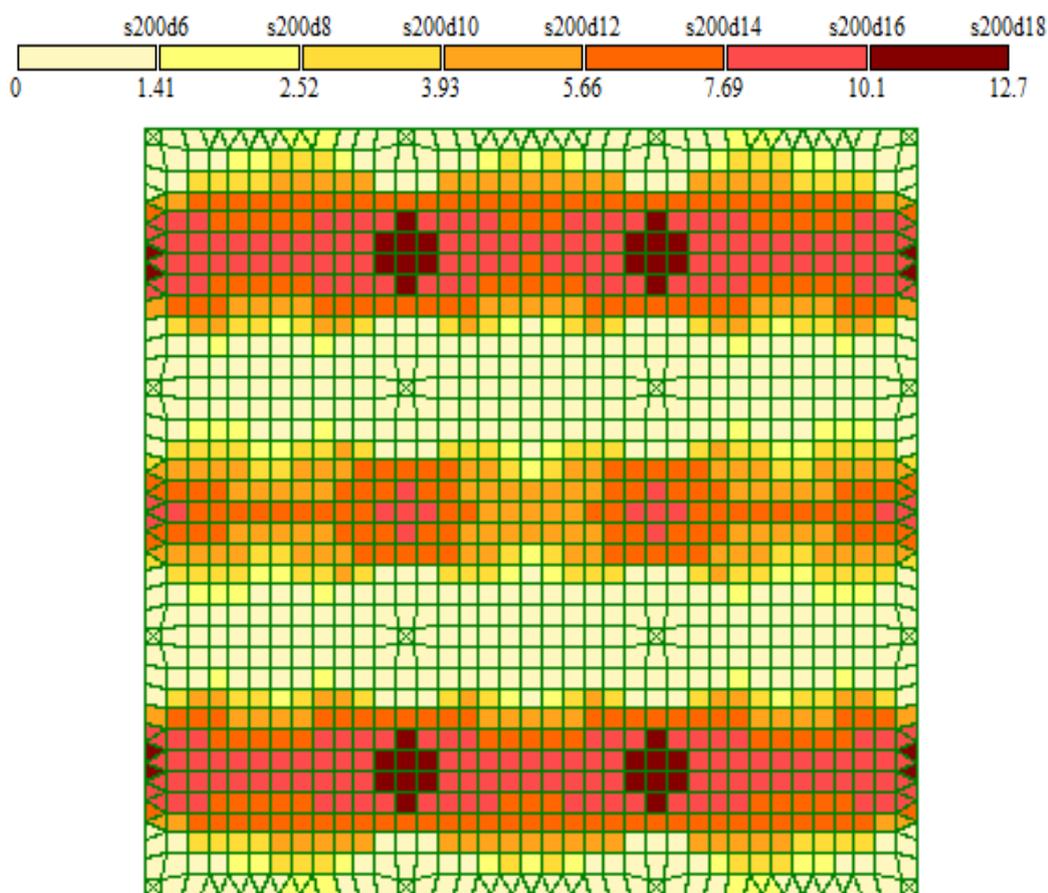


Рисунок 3.7 – Нижнее армирование по оси Y для плиты 20см с сечением колонн 40х40

Особую практическую ценность представляет узел сопряжения безбалочного перекрытия с колонной. Толщина монолитной плиты, как правило, назначается из конструктивных требований и обусловлена расчетом на поперечную силу (продавливание), возникающую в опорных зонах безбалочных перекрытий.

Задачей проектировщика является выбор метода расположения арматуры в опорных зонах безбалочного перекрытия, чтобы избежать продавливания перекрытия от внешней нагрузки, и разместить арматуру наиболее эффективно в опорных зонах. Предложен способ нижнего и верхнего армирования монолитных безбалочных перекрытий. Подбор сечения рабочей арматуры плиты осуществляют по значениям изгибающих моментов действующих в зоне опирания колонн, а также в средней части пролётов плиты.



Рисунок 3.8 - Схема двойного армирования монолитной безбалочной плиты

Предлагается вариант, при котором по оси колонны вдоль перекрытия располагается арматурный каркас (условный ригель перекрытия) воспринимающий максимальные изгибающие моменты и поперечные силы. Пролётные сечения перекрытия армируются сеткой расположенной в нижней зоне плиты перекрытия.

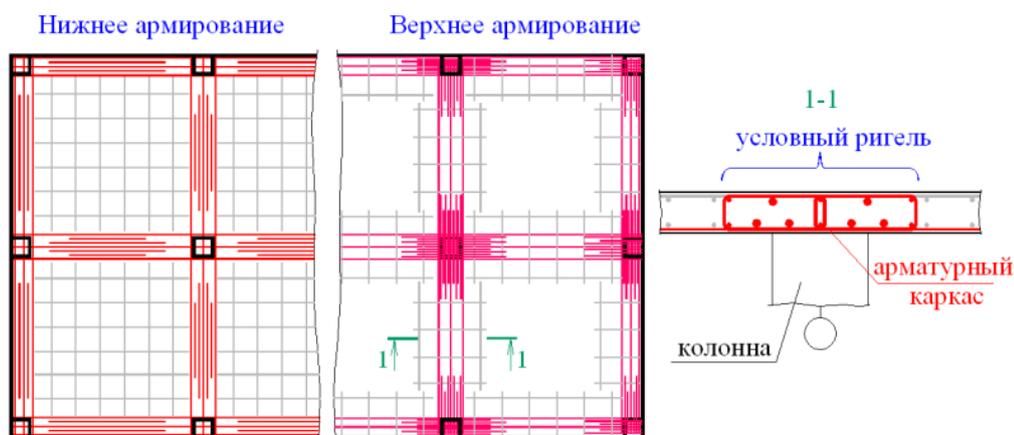


Рисунок 3.9 - Концентрированное «ригельное» армирование плоских плит пространственными каркасами

Приведены рациональные схемы армирования безбалочных безкапитальных перекрытий. В первом способе армирования используются унифицированные сварные каркасы различной длины и высоты. V-образные каркасы, вмонтированные в плиту по периметру зон опирания на колонны, соединяются с продольной арматурой колонн, образуя звездообразную конфигурацию армирования, как показано на рисунке.

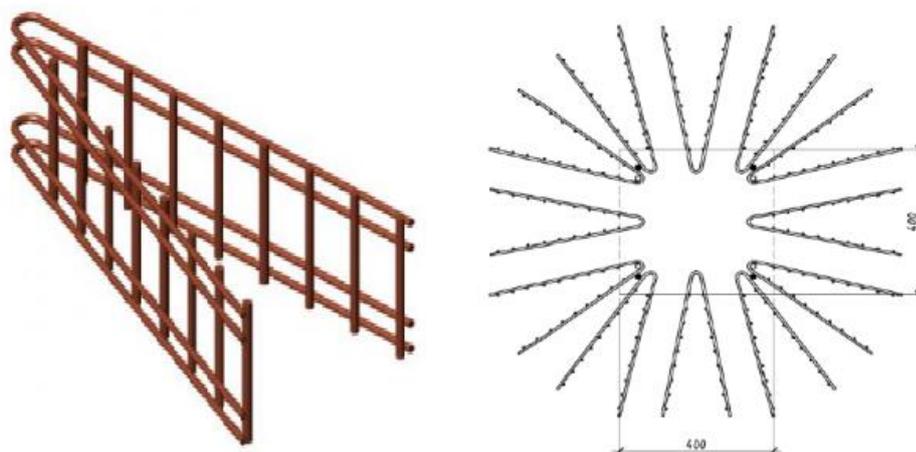


Рисунок 3.10 - Схема расстановки изогнутых каркасов

Между верхней и нижней арматурой в зонах примыкания плиты с колонной располагаются арматурные изделия, которые фиксируют местоположение арматурных сеток и вспомогательных стержней.

Во втором способе армирования, используются элементы анкеровки против продавливания для приопорных зон плоских безбалочных перекрытий. П-образная стойка с подвижными пластмассовыми наконечниками не только позволяет регулировать толщину защитного слоя бетонной плиты, но и оптимальное расположение арматурных элементов.

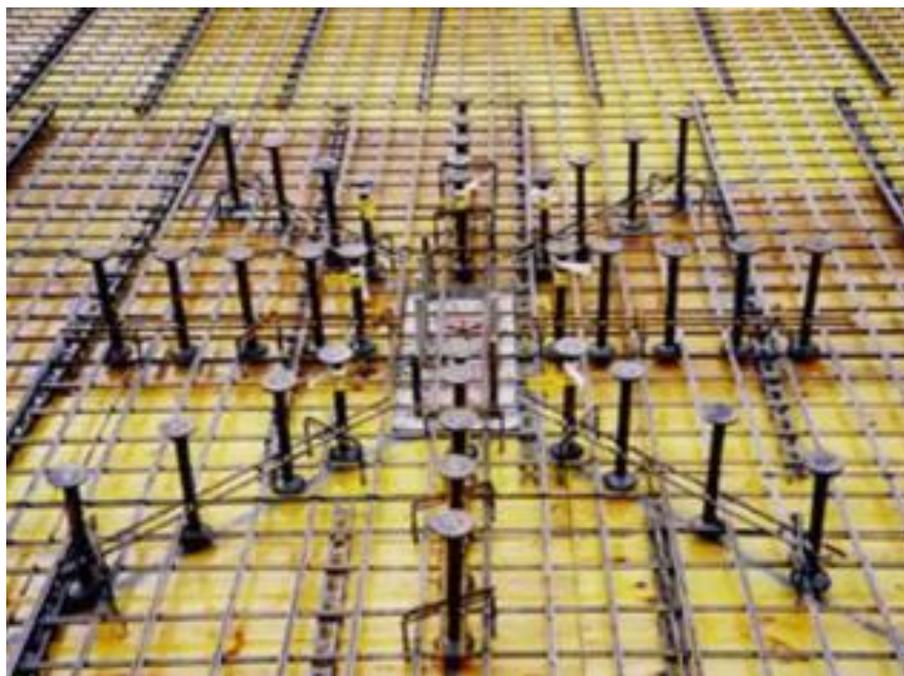


Рисунок 3.11 - Пример расположения стандартизованных сварных элементов

Кроме этого для обеспечения прочности на продавливание предусматривается армирование опорных зон арматурными каркасами. В этом случае расчётная сила продавливания не превышает значения усилий возникающих в бетоне по периметру продавливания и поперечной арматуре.

Также нужно обратить внимание, что большая часть плиты армируется конструктивно по минимальному проценту армирования (0,1%). Это ведет к нерациональному использованию бетона и арматуры. Следовательно, стоит вопрос о возможности сокращения расхода арматуры и бетона за счет уменьшения толщины плиты. Одним из самых рациональных вариантов было бы применение конструктивного армирования в качестве расчетного, за счет уменьшения толщины плиты.

### **Выводы по 3 главе:**

1. Компьютерное моделирование безбалочного перекрытия требует устройства абсолютно жесткого тела размером с сечение колонны в зоне сопряжения колонны и плиты, с целью избежать скачков на эпюре моментов и поперечных сил.

2. Плита безбалочного перекрытия работает на изгиб в двух направлениях. При этом в каждом направлении существуют пролетные полосы с нижними растянутыми волокнами и надколонные полосы с верхними растянутыми волокнами. Наибольшие отрицательные моменты возникают в зоне сопряжения плиты и колонны.

3. Компьютерное моделирование безбалочного перекрытия требует устройства абсолютно жесткого тела размером с сечение колонны в зоне сопряжения колонны и плиты с целью избежать скачков на эпюре моментов и поперечных сил.

4. Расчет по программе ЛИРА САПР показал, что для конечных элементов со сторонами 50см и 40см значения изгибающих моментов по осям X и Y отличаются до 12 процентов. При этом моменты для конечных элементов со

стороной 50 см практически соответствовали точным значениям изгибающих моментов.

5. При анализе эффективной толщины плиты последовательно были выполнены расчеты перекрытий с высотой сечения 20 см, 18 см, 16 см. Нагрузка на квадратный метр перекрытия за счет уменьшения толщины снижалась на 4,2% и 8,4% соответственно. Пропорционально нагрузке уменьшались наибольшие моменты в надколонных полосах в местах сопряжения колонн и плит. В соответствии с эпюрами моментов были подобраны арматурные сетки в верхних и нижних зонах плит. С уменьшением толщины плиты плечо внутренней пары также уменьшается, поэтому требуемая площадь стержней должна возрастать. На рисунке 3.27 показано нижнее армирование перекрытий толщиной 20 см и 16 см. Наибольшее армирование нижних волокон по пролетным полосам в сечении по оси колонн для перекрытий толщиной 20 см назначалось диаметром 18 мм с шагом 200 мм. Для плит толщиной 18 см и 16 см аналогичная арматура имела диаметр 20 мм. В середине пролетной полосы тенденция сохранялась - для плиты 200 мм назначалась арматура 14 мм, а для перекрытия 180 мм и 160 мм арматура имела повышенный диаметр, равный 16 мм. Аналогично назначалось армирование и верхней арматуры.

Эффективным армированием опорных зон безбалочных перекрытий является установка поперечных каркасов в зоне опорного узла.

#### **Публикации по теме диссертации.**

##### ***Публикации в изданиях.***

1 Международная научно-практическая конференция «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия» стр. 165–168, 16–18 декабря 2019 года, г. Комсомольск-на-Амуре.

2 Беркунов П.А. Дзюба В.А. Эффективное армирование опорных зон безбалочных перекрытий / П.А. Беркунов В.А. Дзюба // Материалы международной научно практической конференции «Региональные аспекты науки

развития и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия (2021 г.)» - С. 115-117.

3 Беркунов П.А. Дзюба В.А. Расчет армирования плиты монолитного безбалочного перекрытия// Материалы международной научно практической конференции «Региональные аспекты науки развития и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия (2023 г.)»