

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

Кафедра «Строительство и архитектура»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

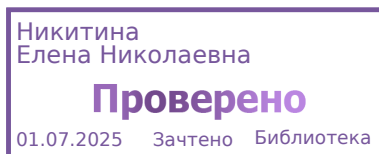
Рациональное армирование монолитных конструкций
многоэтажных зданий

Направление **08.04.01** - «Строительство»

Магистерская программа «Инновационные технологии в строительстве»

Работу выполнил студент
Раджабов А.Х.

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
В.А. Дзюба



Комсомольск-на-Амуре-2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном
высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государств
университет» (г. Комсомольск-на-Амуре)
на кафедре «Строительство и архитектура»

Научный руководитель

Официальный рецензент

Защита состоится «__» июля 2025 года в _____ на заседании
Государственной аттестационной комиссии _____ по адресу:
_____.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. За последние несколько десятилетий монолитное строительство многоэтажных зданий стало настоящим прорывом для всего строительного сектора. Конструкции таких сооружений содержат минимальное количество несущих элементов в виде колонн, несущих стен и пилонов, что открывает возможности для более рационального практического применения сэкономленной жилой площади.

В настоящее время разработка широкого спектра новых материалов и внедрение инновационных строительных технологий значительно упрощают процесс монолитного строительства, делая его более быстрым и экономичным.

О преимуществах реализации проектов по монолитному домостроению знают строительные компании и профессиональные риэлторы, так как из года в год количество желающих жить в квартире или доме из монолитного железобетона только увеличивается. Строительство монолитных домов: технология и основные этапы Возведение дома по технологии монолитного домостроения состоит из следующих этапов работ:

- Устройство фундамента;

- Монтаж арматурного каркаса;

- Установка опалубки;

- Укладка бетона;

- Разборка или демонтаж опалубки (в случае технологии съемной укладки).

Но одним из основополагающих материалов при монолитном строительстве является арматура. По этой причине в данной выпускной квалификационной работе рассмотрели именно вопрос по рациональному армированию монолитных конструкций многоэтажных зданий. Арматура очень разнообразна по своим свойствам и назначению. В работе также приведен обзор программного обеспечения по расчету металлоконструкций и арматуры.

Важно понимать, почему мы используем арматуру (арматурный стальной стержень) в бетоне. Она используется для восприятия растягивающих усилий в бетоне, поскольку бетон обладает очень низкой прочностью на растяжение.

Но самое важное место для расположения арматуры в балке - это растянутая зона, где она будет лучше удерживаться. Это необходимо, чтобы балка не треснула и не сломалась при воздействии сил изгиба, так как бетон практически не сопротивляется растяжению.

Арматура также помогает регулировать температуру бетона, снижая напряжения, возникающие из-за неравномерности температур и усадки бетона. В тех местах, где это является основным назначением арматуры, ее называют термостойкой сталью. Если в технологии строительства используется торкретирование бетона, то арматурный каркас помогает измерить толщину наносимого слоя бетона[1].

В монолитную конструкцию укладывается арматура, чтобы противодействовать силам растяжения внутри бетона. Давление на сооружение

может быть или оказывается из многих источников: снег, ветер, сила тяжести, опалубка, башни, навесные конструкции и т.д.

Всё это определяет актуальность исследования и выбор объекта, предмета и цели исследования.

Объект исследования – монолитные конструкции.

Предмет исследования – арматурный каркас многоэтажных зданий.

Цель исследования – Целью диссертационной работы «Рациональное армирование монолитных конструкций многоэтажных зданий» является исследование выявления параметров для эффективного армирования конструкций монолитных высотных зданий.

Для достижения сформулированной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Ознакомиться с возведением зданий из монолитного железобетона.
2. Изучить основные параметры арматуры для монолитных зданий.
3. Изучить соединения арматуры при строительстве монолитных зданий.
4. Выявить эффективное армирование для монолитных многоэтажных зданий.

Методы и средства исследования. При решении указанных задач использовались методы анализа известных материалов, технологий для производства работ, определение параметров для эффективного армирование для монолитных многоэтажных зданий.

Научная новизна диссертационного исследования:

1. полученные в результате исследования новые данные о поведении арматуры, имеющей муфтовые соединения.

Практическая значимость заключается в исследований поведения арматуры с муфтовыми соединениями под нагрузкой.

Апробация и публикации. Материалы диссертации докладывались на: XI-ой Международной научно-практической интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение XXI век» (г. Орёл – 2013 г.).

Положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритм оптимизации процессов обмена и обработки производственных данных в среде корпоративного портала.
2. Имитационная модель среды корпоративного портала, реализующая функции обмена и обработки производственных данных.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 137 страницах машинописного текста, включающего 64 рисунка, 16 таблиц, список литературы из 30 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору использования арматуры для монолитного строительства в мире, также рассмотрен опыт работы с

арматурным каркасом в России, определены особенности применения арматуры и марок в высотном строительстве, инновационных методов и технологий в современном строительном производстве, наряду с сокращением ручного труда, также повышает его технико-экономические показатели.

Установлено, что Повышение эффективности технологии изготовления железобетонных конструкций, снижение затрат труда, материалов, сроков строительства зависят от ряда факторов, таких как высокое качество бетонных смесей, автоматизация подготовки каркаса арматуры, применение эффективных формовочных систем, качество транспортировки бетона, высокоскоростная подача бетона на строительные площадки, использование высококачественного прессующего оборудования, правильное перемешивание бетона с целью придания прочности бетону монолитных железобетонных конструкций и т.д..

Во второй главе представлены основные параметры арматуры строительства монолитных зданий. Арматурный прокат необходим для создания арматурного каркаса железобетона, еще этот процесс называют армирование – основа любой бетонной конструкции. Переплетение арматуры или арматурного стержня обеспечивает прочность бетона на растяжение, который также известен своими свойствами сжатия. Без этой металлической сетки бетон в буквальном смысле прогнулся бы под давлением и очень быстро разрушился, без арматурного каркаса прочностные свойства становятся значительно ниже. Арматура играет жизненно важную роль в создании прочных конструкций.

Арматурный прокат классифицируется по следующим принципам:

Химический состав.

Технологии изготовления.

Сфера и условия применения.

Характер и вид профиля.

Выбор арматуры, подходящей для любого проекта, будет зависеть от размера и марки, необходимых для обеспечения необходимой поддержки и прочности.

Это также во многом будет зависеть от материала, из которого изготовлена арматура, а также от того, что используется для ее покрытия.

Арматуру для железобетонных изделий, как правило, изготавливают в механизированных и автоматизированных мастерских или цехах. Изготовление арматуры вне строительной площадки не освобождает производителя работ и мастера от контроля качества поступающей арматуры.

Класс арматурной стали определяют по профилю стержней и по окраске их торцов. Так, арматурная сталь класса А-240 имеет гладкий профиль; класса А-300 – периодический профиль с поперечными выступами, идущими по винтовой линии; классов А-400 и А-600 – периодический профиль с выступами в виде «елочки». Концы арматурных стержней из стали класса А-600 окрашивают в белый цвет; из стали класса Ат-800 – в синий; из стали класса Ат-1000 – в желтый.

Для внецентренно сжатых элементов из монолитного бетона диаметр продольных рабочих стержней следует принимать не менее 12 мм.

Диаметры стержней поперечной арматуры следует принимать:
внецентренно сжатые линейные элементы:

— в вязаных каркасах — не менее $0,25\varnothing$ рабочей арматуры и не более 12 мм;

— в сварных каркасах — не менее диаметра, устанавливаемого из условия сварки с наибольшим, поставленным по расчету, диаметром продольной арматуры и не более 14 мм по СНБ 5.03.01-02 (Таблица 1);

Таблица 1 — Предельно допустимые диаметры арматуры

Применения	Мак-но допустимые диаметры продольной арматуры	
	для внецентренно сжатых элементов	для изгибаемых элементов
В элементах с арматурой класса S500 и ниже из бетона: тяжелого и мелкозернистого C ^{12/15} то же, C ^{16/20} и выше	40 40 (40)	40 25 (32)
<i>Примечание</i> — В скобках даны значения диаметров для арматуры в вязаных каркасах.		

Полное понимание предела прочности при растяжении и текучести каждого сорта арматуры, а также преимуществ, недостатков и общей разницы в стоимости между вариантами арматуры позволит создать безопасный, экономичный и долговечный проект.

Как уже говорилось, целью применения стальной арматуры является добавление в бетон материала, который обладает достаточной прочностью, чтобы противостоять растягивающим нагрузкам, и который помогает бетону улучшить свои характеристики при растяжении и полностью раскрыть свои возможности при сжатии. Идеальным материалом для армирования бетона является сталь. Это объясняется тем, что сталь является однородным и изотропным материалом. Она предупреждает о разрушении, а ее механические свойства намного лучше, чем у других материалов. При добавлении в бетон она не только предотвращает раннее растрескивание, но и делает конструкцию или конструктивный элемент долговечным и прочным.

Арматура, поступающая на стройплощадку, при отсутствии сертификатов соответствия, бирок, возникновении сомнений в правильности данных в процессе визуального контроля внешнего вида и характеристик профиля или

иной необходимости, должна подвергаться дополнительному входному контролю, состоящему из выборочных испытаний на растяжение и изгиб, а также проверки геометрических размеров профиля и массы 1 погонного метра.

При несовпадении данных сертификата с данными бирок или утрате бирок на пачках контроль арматуры таких пачек должен осуществляться отдельно как для партии за счет средств поставщика.

Приемка и применение арматуры, не имеющей сертификата, не допускается. Исключение составляют случаи, когда принадлежность арматуры к требуемому классу и её качество подтверждены специальными механическими испытаниями и, при необходимости, химическим анализом. Результаты испытаний арматуры в виде заключений прилагаются к актам скрытых работ.

Результаты испытаний арматуры при входном контроле и их сравнение с приведенными в сертификатах качества данными о механических свойствах заносятся в специальный журнал входного контроля арматуры.

При приемке стальных деталей обращают внимание, чтобы не было трещин, заусенцев, отколотых частей и пережогов металла; переход от одного сечения к другому должен быть плавным, без подрезов.

Все сварные швы и прилегающие к ним поверхности должны быть очищены от шлака, окалин, наплывов и брызг металла.

В третьей главе разобрали виды соединений арматуры, требования к ним. Некоторые способы соединения арматуры при строительстве:

- Сварное соединение. Обеспечивает высокую прочность и надёжность, но требует соблюдения определённых технологий и использования специального оборудования.
- Соединение с помощью вязальной проволоки. Традиционный и наиболее простой метод. Проволока оборачивается вокруг стержней и затягивается с помощью вязального крючка или специального инструмента.
- Механический (муфтовый) способ. Для состыковки используют гидравлическое оборудование, стык создаётся с помощью стальной муфты. Прут помещается в муфту и обжимается гидропрессом.
- Соединение с помощью накладок. Металлические накладки устанавливаются на места соединения и фиксируются с помощью болтов или сварки.
- Соединение внахлест. Простая и надёжная технология, которая обеспечивает прочность фундаментного основания или других конструкций из железобетона. Рекомендуется применять при работе с материалом диаметром до 40 мм.

Выбор метода зависит от условий строительства, требований к надёжности соединений, а также доступности оборудования и квалификации рабочих.

Железобетонные элементы обычно не "соединяются" в обычном смысле этого термина, они чаще всего отлиты вместе в монолитный узел. Конечно, существуют строительные стыки между секциями конструкции, отлитыми по отдельности, но даже в таких местах противоположные поверхности бетона, соединенные при сжатии, прилегают друг к другу так, как если бы они были отлиты монолитно; а стальная арматура при растяжении проходит через каждый строительный стык таким образом, что растягивающие усилия в планки продолжают от одной стороны стыка к другой. Тот факт, что большая часть арматурной стали подвергается растяжению, поднимает важный вопрос: что препятствует вытягиванию таких стальных стержней из бетона, в который они были уложены, или проскальзыванию в нем? Любой изгиб конструктивного элемента буквально растягивает область растяжения, в то время как область сжатия сокращается.

Основные требования к соединениям арматуры включают:

Соответствие стандартам, техническим условиям или проектной документации на конкретные железобетонные конструкции или арматурные изделия.

Разрывное усилие соединения должно быть не менее временного сопротивления соединяемых арматурных стержней.

Равномерное относительное удлинение арматуры после разрушения соединения должно быть не менее 2%.

Нормативное значение прочности механического соединения должно быть не менее нормативного значения прочности соединяемой арматуры.

Расстояние между горизонтальными и вертикальными прутьями арматуры должно быть не меньше 25 мм. Это позволяет бетонной смеси беспрепятственно проникать в труднодоступные зоны металлокаркаса.

Одно расчётное сечение не должно содержать более 50% стальной арматуры.

Соседние нахлёстные соединения прутьев арматуры должны быть разнесены не менее чем на 610 мм.

При вязке нахлёсточных и крестообразных соединений стержни должны быть плотно подтянуты друг к другу без зазора между ними.

В четвертой главе изложены рекомендации для эффективного армирования монолитных многоэтажных зданий.

Отдельно в рассмотрены:

армирование монолитных фундаментов;

армирование монолитных стоек и стен;

косвенное армирование;

армирование монолитных железобетонных балок и плит перекрытия;

армирование монолитных железобетонных плит.

Конструктивные элементы, дополнительно к способности деформироваться пластически, должны воспринимать циклические воздействия без разрушения. Для таких случаев, в нормативных документах должны быть предусмотрены коэффициенты запаса для увеличения длин анкеровки и нахлеста арматуры.

Существует достаточно большой выбор программ для расчетов арматурного каркаса и его элементов по разным параметрам.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional - программный комплекс, предназначенный для проведения расчетов строительных конструкций зданий и сооружений на прочность, устойчивость и динамические воздействия.

SOFiSTiK - мощный программный комплекс для расчета строительных конструкций любой сложности.

ЛИРА - универсальный программный комплекс для проектирования и расчета прочности и устойчивости строительных и машиностроительных конструкций.

МОНОМАХ - универсальный программный комплекс, позволяющий решать большой класс задач расчета и проектирования железобетонных, каменных и армокаменных конструкций.

SCAD Office - это система, которая базируется на методе конечных элементов (МКЭ) и предназначена для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС), устойчивости, определения частот и форм собственных колебаний, анализа температурных воздействий, решения задач статики и динамики в линейной или нелинейной постановке, а также широкого класса строительных, машиностроительных и других задач.

STARK ES - программный комплекс для расчета конструкций зданий и сооружений на прочность, устойчивость и колебания на основе метода конечных элементов.

APM Civil Engineering - система проектирования и анализа металлических, железобетонных и деревянных строительных конструкций.

ANSYS - самая распространенная в мире, многофункциональная система конечно-элементных расчетов.

В четвертой главе рассмотрены:

Программный комплекс ЛИРА-САПР,

МОНОМАХ-САПР,

APM Civil Engineering.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

ВЫВОДЫ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ:

При выполнении выпускной квалификационной работе исследовал вопрос по рациональному армированию монолитных конструкций многоэтажных зданий.

В процессе выполнения работы был затронут большой спектр вопросов Связанных с арматурным профилем и конструкциями, процессом армирования.

Как уже говорилось, целью применения стальной арматуры является добавление в бетон материала, который обладает достаточной прочностью, чтобы противостоять растягивающим нагрузкам, и который помогает бетону улучшить свои характеристики при растяжении и полностью раскрыть свои возможности при сжатии. Идеальным материалом для армирования бетона является сталь.

Одним из основных преимуществ арматуры является то, что она служит опорой для различных конструкций. Арматуру можно использовать для фундаментов, колонн, рам, настенных покрытий и т.д.

Для эффективного армирования монолитных многоэтажных зданий рекомендуется следующее:

1. Использовать гладкую или рифлёную арматуру. Она воспринимает растягивающие усилия и защищает бетон от разрушения.

2. Сократить шаг продольных арматурных стержней по периметру сечения и расстояние между поперечной арматурой. Это поможет ограничить ядро и предотвратить потерю устойчивости сжатой арматуры.

3. Применять спирали или замкнутые кольцевые хомуты. Они обеспечивают равномерное ограничение по всему периметру.

4. Использовать винтовую арматуру. Выступы её периодического профиля служат не только для сцепления с бетоном, но и образуют винтовую нарезку по всей длине стержней.

5. Применять канатные арматурные элементы. Они располагаются по эпюре изгибающих элементов в надколонных полосах, в продольном и поперечном направлениях.

6. Использовать арматурный прокат с гарантиями механических свойств. В несущих конструкциях высотных зданий рекомендуется применять арматурный прокат категорий пластичности Н и Е (ГОСТ 34028).

7. Использовать предварительно напряжённую арматуру. Перед укладкой бетона в форму стержни предварительно растягивают специальным устройством. После отвердения напряжение в стержнях остаётся — арматура как бы «поджимает» весь элемент вдоль них, что значительно улучшает механические свойства детали.

8. В ответственных местах (примыкания и соединения элементов) устанавливать дополнительные стержни.

9. Эффективное конструирование при назначении длин анкеровки и нахлеста - превентивный фактор надежности и безопасности зданий, т.к. напряжения в арматурной стали могут достигать пределов текучести.

Основные публикации по теме диссертации: