

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
Университет»

На правах рукописи

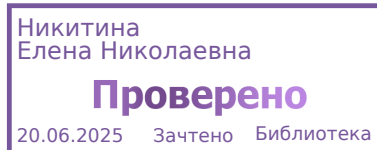
Ху Япзн

Исследование эффективности монолитных
перекрытий гражданских зданий с пустотами

Кафедра «Строительство и архитектура»
Направление 08.04.01 – «Строительство»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание академической степени магистра



2025г.

Работа выполнена на кафедре «Строительство и архитектура» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент

О.Е .Сысоев

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Защита состоится «18» июня 2025г. в 9 часов на заседании государственной аттестационной комиссии в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, КНАГТУ, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться на кафедре «Строительство и архитектура»КНАГУ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В настоящее время всё более широкое применение в градостроительстве находят многопустотные сборные железобетонные плиты широко применяемые в перекрытиях жилых, гражданских и промышленных зданий. Сборные железобетонные плиты перекрытия имеют несколько преимуществ, включая быструю и простую установку, высокую прочность и долговечность, а также независимость от погодных условий при монтаже. Заводское производство плит позволяет сократить затраты на строительные работы непосредственно на строительной площадке, а также снизить трудозатраты, но увеличивает стоимость за счет накладных расходов заводов изготовителей и транспортировки сборных конструкций.

Монолитные железобетонные плиты перекрытия обладают рядом преимуществ, которые делают их популярным выбором в строительстве. К ним относятся: высокая прочность и несущая способность, хорошая сейсмостойчивость, долговечность, огнестойкость и возможность создания конструкций сложной формы. Одновременно имеются следующие недостатки: небольшая толщина монолитной плиты (80-160 мм) приводит к повышенной деформативности (прогибам), плохая звукоизоляция, повышенные трудозатраты на строительной площадке, влияние погодных условий на технологический процесс.

Поэтому возникает необходимость получить экономически эффективную конструкцию, которая вобрала в себя все положительные свойства монолитных и пустотных плит перекрытий.

Цель диссертационной работы является: снижение затрат и снижение расхода бетона при производстве плит перекрытия

Техническим результатом, получаемым от реализации изобретения, является снижение веса монолитных железобетонных плит, а также снижает расхода бетона на 1 м² монолитного перекрытия и приближает их к показателям расхода бетона и арматуры сборных плоских панелей перекрытия и покрытия с круглыми пустотами.

Объект исследования: Монолитный пустотный пол

Научная новизна исследования состоит в том, Для проверки используются методы разрушающих испытаний. При строгом контроле экспериментальных условий к плите пола применяется разрушающая нагрузка до тех пор, пока она не разрушится. Наблюдая за формой разрушения, измеряя такие параметры, как разрушающая нагрузка, и сравнивая их с экспериментальными результатами, можно проверить, отражают ли экспериментальные результаты фактические характеристики плиты пола.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, Полученные данные могут быть использованы для экономической оценки проектируемых конструкций и выбора плит

перекрытия.

Апробация работы и публикации. Основное содержание статьи опубликовано в научной статье ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет». Дата проведения конференции: с 16 декабря 2024 г. по 18 декабря 2024 г. Секция 2: строительство.

Структура и объём работы. Данная магистерская работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы (30 источников). Основной текст занимает 102 страницы и содержит 17 рисунков и 7 таблиц. Всего 24 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, предмет и объект исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость, апробация результатов.

В **первой главе** «Анализ перекрытий зданий»

Типы многопустотных железобетонных перекрытий зданий

Многопустотные железобетонные плиты широко применяются в перекрытиях жилых, гражданских и промышленных зданий. Многопустотные плиты являются тонкостенными железобетонными конструкциями. Минимальная толщина полок 30 мм, межпустотных ребер 25–35 мм. Расход железобетона на плиты составляет примерно 65 % общего количества, приходящегося на плиты, ригели и колонны. Поэтому требуется применять в строительстве экономичные плиты перекрытия. Наиболее экономичны по расходу бетона плиты с овальными пустотами. Однако при изготовлении таких плит после извлечения пустотообразователей верхняя полка растрескивается, а иногда и обваливается. Поэтому в качестве типовых приняты сборные плиты с круглыми пустотами. Многопустотные железобетонные плиты имеют высоту 220 мм, ширину 990, 1190, 1490 и 1790 мм. Длина плит достигает 7240 мм и более.

Многopустотные плиты изготовляют из бетона классов В15–В25 предварительно напряженными. В качестве напрягаемой арматуры используется:

- горячекатаная и термомеханически упрочненная стержневая арматурная сталь классов А500, А540, Ат600, Ат800, Ат1000, А500С, А600С диаметром 10–16 мм;

- высокопрочная проволока В р 1200–В р 1500 диаметром 3–8 мм.

Арматурные канаты классов К1400 и К1500 применяются при изготовлении многopустотных плит на специальных стендах безопалубочного формования. Наибольшее распространение на заводах ЖБК имеет агрегатно-поточная или конвейерная технология изготовления с электротермическим способом натяжения арматуры. За последние годы на заводах ЖБК освоен выпуск плит на длинных стендах безопалубочного формования с механическим натяжением напрягаемой арматуры из высокопрочной проволоки и канатов.

Преимущества сборного железобетона

Сборные железобетонные конструкции производятся только промышленным способом, и обладают рядом преимуществ:

- производятся в заводских условиях;
- имеют высокую производительность;

- ускоряется строительство в сравнении с монолитным строительством в два раза;
- возможность осуществления установки таких конструкций при низких температурах, до -20 градусов;
- осуществление контроля качества изделий на производстве, где производятся разнообразные ЖБИ, возможна доставка.

Построенное здание из высокопрочных железобетонных элементов соответствует всем требованиям качества, так как оно возводится из огнеупорных материалов. Бетон имеет способность сохранять тепло, поэтому уменьшаются расходы на отопление. Расходы на железобетонные материалы невысокие. Из-за большого многообразия видов изделий можно придать любому сооружению привлекательный вид. Железобетонные изделия считаются экологически чистыми, не создающими для жизни людей дискомфорта. Строительство зданий из железобетона считается безопасным для окружающей среды, сборный железобетон не пыльный, установка его не дает много шума, строительные отходы утилизируются. При отделке таких зданий возможно применение разнообразных отделочных материалов, пластиковых изделий, панелей.

Всевозможные здания можно строить с применением железобетонных изделий, особенно здания с повторяемыми пролетами, с нерегулярной планировкой. Изделия из сборного

железобетона имеют конструктивную эффективность. Если взять сборные железобетонные балки и плиты перекрытия, то можно удлинить пролет, а толщину конструкции снизить.

При строительстве заводских цехов и торговых залов применяются пролеты и перекрытия кровли с длиной больше 40 метров. Такие плиты перекрытия удачно используются при возведении крытых автомобильных стоянок. Длина пролета увеличивается и уменьшается площадь сечения колонн. Таким образом, на одной территории можно разместить больше автомобилей. При возведении офисных центров применяются надежные перегородки, позволяющие создать необходимую планировку для конкретного предприятия. Возведение здания из железобетонных конструкций является гарантией, что оно будет служить многие годы с сохранением коммерческой ценности, благодаря возможностям его перепланировки, чтобы долгое время оставаться на рынке востребованным объектом недвижимости.



Рис.1. Пустотелая плита

В отличие от каркасной и панельной технологии строительства, сборные железобетонные плиты перекрытия сокращают сроки возведения в несколько раз. Причины такого ускорения:

Простая схема укладки.

Минимальный объем работ по армированию.

Быстрое перекрытие междуэтажного пространства без предварительной заливки опалубки.

Гладкая поверхность (не нуждается в выравнивании,

штукатурных работах).

Построенное с помощью сборного железобетона здание получается прочным, теплым и надежным. ЖБ не подвергается усадке, не впитывает влагу и сохраняет прочность при постоянном внешнем давлении. Материал полностью готов к монтажу и допускает укладку в любой сезон, даже в сырую и морозную погоду.

Типы монолитного железобетонного перекрытия

В 1892 году французский инженер Ф. Геннебик предложил монолитные железобетонные ребристые перекрытия (рис.1) и ряд других рациональных строительных конструкций. Для гражданских и общественных зданий железобетон в основном использовался в колоннах и ребристых перекрытиях. Преимущество ребристых перекрытий заключалось в относительной простоте и ясности расчетной схемы.

Однако ребристые перекрытия для жилых зданий создавали целый ряд неудобств, связанных с прокладкой инженерных сетей, неровными потолками, санитарными требованиями и т.д. Устраняя эти неудобства, конструкторы стали разрабатывать монолитное безбалочное перекрытие.

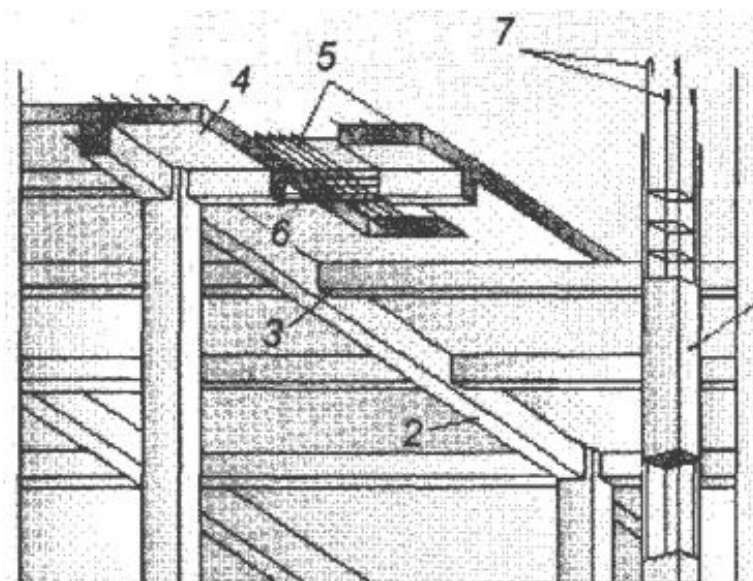


Рис.2. Монолитное ребристое перекрытие: 1 – колонна; 2 – главная балка; 3- второстепенная балка; 4 – плита; 5 – рабочая арматура плиты; 6,7 – то же соответственно второстепенной и главной балок и колонн.

В 1885 году в Германии инженер Вайс и профессор Баушингер провели первые научные опыты по определению прочности и огнестойкости железобетонных конструкций, сохранности металла в бетоне, сил сцепления арматуры с бетоном. Тогда же впервые инженер М. Кёнен высказал предположение, подтвержденное опытами, что арматура должна располагаться в тех частях конструкций, где можно ожидать растягивающие усилия.

В 1886 году М. Кёнен предложил первый метод расчета

железобетонных плит, который способствовал развитию интереса к новому материалу и более широкому распространению железобетона в Германии и Австро-Венгрии. Русские ученые также внесли большой вклад в развитие науки о бетоне и в его практическое использование. Результаты первых исследований профессора И.Г. Малюги по технологии бетона «Составы и способы приготовления цементного раствора (бетона) для получения наибольшей крепости» были опубликованы в 1845 году. Профессор Петербургского института инженеров путей сообщения Н.А. Белелюбский в 1891 году провел широкие эксперименты с железобетонными конструкциями и сделал ряд важных практических выводов. Перед началом Первой мировой войны русские инженеры широко и успешно вели строительство бетонных и железобетонных сооружений при возведении объектов транспортного строительства.

В 1904 году в г. Николаеве по проекту русских инженеров Н. Пятницкого и А. Барышникова был построен первый в мире морской маяк из монолитного железобетона высотой 36м со стенами толщиной 10см вверху и до 20см внизу.

Важный вклад в технологию бетона внес труд русского ученого Н.А. Житкевича «Бетон и бетонные работы», который был опубликован в 1912 году. Первые исследования по применению метода научного подбора состава бетона были проведены в 1929

году под руководством Н.М. Беляева.

В 1920–1940-е годы значительно возросло применение железобетона в гидротехническом, промышленном и гражданском строительстве. Большой объем бетонных и железобетонных работ был выполнен при строительстве Волховской ГЭС (1921–1926). Плотина сооружалась на железобетонных кессонах, транспортируемых к месту установки на плаву. Главное здание станции железобетонное каркасное, с железобетонными аркадами, поддерживающими путь 130-тонного мостового крана. Также широко железобетон был применен в главной подстанции и во всех вторичных подстанциях. Волховстрой явился первой большой практической школой специалистов по железобетону. Вслед за Волховской ГЭС были построены Днепрогэс (1927–1932), Нижне-Свирская ГЭС (1928–1934), в которых бетон и железобетон применялись более широко. Начиная с 1928 года, железобетон стал широко использоваться в строительстве тонкостенных пространственных конструкций: разнообразных оболочках, шатрах, сводах и куполах. Русский ученый В.З. Власов первым разработал общий практический метод расчета оболочек, значительно опередив зарубежную науку в этой области, а в 1937 году вышла в свет первая в мире «Инструкция по расчету и проектированию тонкостенных покрытий и перекрытий», составленная на основе теоретических и экспериментальных работ, проведенных под руководством А. А. Гвоздева.

Первый тонкостенный купол диаметром 28м был построен в 1929 году в Москве для планетария, а самый большой в то время гладкий купол диаметром 55,5м был сооружен в 1934 году над зрительным залом театра в Новосибирске. Конструкцию купола разработал инженер Б.Ф. Матери по идее и под руководством П.Л. Пастернака. Применение в строительстве рамных и тонкостенных пространственных систем с использованием их жесткости и монолитности следует считать вторым этапом в развитии железобетона.

Широкую индустриализацию строительства из железобетона, развитие предварительно напряженных железобетонных конструкций, внедрение высокопрочных материалов и разработку нового метода расчета железобетонных конструкций следует считать началом третьего этапа в развитии железобетона. Выдающимся примером третьего этапа может служить построенная в 1965 году башня Большого московского телецентра (рис.3) общей высотой 522м.



Рис. 3. Останкинская телебашня.

Нижняя часть, до высоты 385м, выполнена из монолитного предварительно напряженного железобетона. Диаметр башни внизу 18,0м, а вверху 8,5м при толщине стенки соответственно 46 и 30см. На отметке 65м ствол башни переходит в коническое основание диаметром внизу 61 м. На высоте 360м расположены ресторан на 420 человек и смотровые площадки на 600–700 человек. Нижняя часть конического основания выполнена в виде опорных конструкций (ног) высотой 17,3м. На отметке 42м оболочка конического основания имеет диафрагмовое кольцо, воспринимающее усилие от анкеровки канатов предварительно напряженной арматуры.

Отечественные инженеры и ученые осуществляли плодотворные научные и конструкторские исследования по всем направлениям теории и практики железобетона. Разработке общих

вопросов механического сопротивления бетона и железобетона посвящены труды О.Я. Берга, А.А. Гвоздева, А.Ф. Лолейта, А.К. Малмейтера, Я.В., А.В. Забегаева, А.И. Цейтлина, П.И. Васильева, Р.О. Бакирова, А.Ф. и др..

Наряду с основным направлением наращивания производства строительных конструкций и изделий полной заводской готовности дальнейшее развитие получает возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. Практика подтвердила технико-экономические преимущества строительства жилых и общественных зданий, отдельных элементов и конструкций промышленного и производственного назначения в монолитном исполнении.

Монолитное строительство позволяет реализовать его ресурсосберегающую возможность, повысить качество и архитектурную выразительность отдельных зданий и комплексов. В ряде случаев монолитный железобетон более эффективен по расходу металла, суммарной трудоемкости, характеризуется меньшим расходом цемента. Его применение может быть рационально в первую очередь в районах со сложными геологическими условиями, при повышенной сейсмичности, там, где отсутствуют или недостаточны мощности полносборного домостроения, имеет место слабое развитие дорог.

Увеличение объемов монолитного строительства стало

возможным благодаря интенсивному развитию средств комплексной механизации и автоматизации производства. К ним относятся применение бетонных заводов с автоматизированной системой управления; широкое использование мобильных бетононасосных установок и средств транспортирования; применение прогрессивных конструкций опалубок и опалубочных систем, обеспечивающих высокую индустриальность работ.

Бетон и железобетон в строительстве России занимают ведущее место. Масштабность применения бетона и железобетона обусловлена их высокими физико-механическими показателями, долговечностью, хорошей сопротивляемостью температурным и влажностным воздействиям, возможностью получения конструкций сравнительно простыми технологическими методами, использованием в основном местных материалов (кроме стали), сравнительно невысокой стоимостью. По способу выполнения бетонные и железобетонные конструкции разделяют на сборные, монолитные и сборно-монолитные. Сборные конструкции изготавливают на заводах, затем доставляют на строящийся объект и устанавливают в проектное положение. Монолитные конструкции возводят непосредственно на строящемся объекте. Сборно-монолитные конструкции выполняют из сборных элементов заводского изготовления и монолитной части, объединяющей эти элементы в единое целое. Наряду с увеличением объема

применения сборного бетона и железобетона возрастает число сооружений, выполняемых с применением монолитных конструкций. Так, в промышленном и гражданском строительстве применение монолитного железобетона эффективно при возведении массивных фундаментов, подземных частей зданий и сооружений, массивных стен, различных пространственных конструкций, стенок и ядер жесткости, дымовых труб, резервуаров, зданий повышенной этажности (особенно в сейсмических районах) и многих других конструкций и инженерных сооружений.

В настоящее время ежегодное производство бетона для монолитного строительства в мире превышает полтора миллиарда кубометров. По объему производства и применения монолитный бетон намного опережает другие виды строительных материалов. В наиболее развитых странах душевой показатель применения монолитного бетона составляет: в США – 0,75 м³; в Японии – 1,20 м³; в Германии – 0,80 м³; во Франции – 0,50 м³; в Италии – 1,10 м³; в Израиле – 2,00 м³ и т. д. В России, для сравнения, — 0,15–0,20 м³.

На изготовление бетона для монолитного строительства расходуется больше половины мирового производства цемента. В монолитном исполнении возводятся промышленные и жилые здания, плотины, энергетические комплексы, телебашни и т. д. Самая высокая в мире телебашня построена из монолитного бетона. Самые высокие здания на всех континентах построены с

монолитным железобетонным каркасом в том числе мировые рекордсмены -два небоскреба нефтяного концерна «Петронас» в Куала-Лумпуре, (Малайзия, 432м). В США построено уже более 100 небоскребов с монолитным каркасом, бетон уверенно вытесняет сталь из этой области строительства. Обширной областью применения монолитного бетона являются инженерные сооружения (градирни, трубы,

резервуары, защитные оболочки АЭС и т.д.). Современные градирни достигают высоты 150м при диаметре основания 120м. При этом толщина стены сооружения может составлять всего 19см.

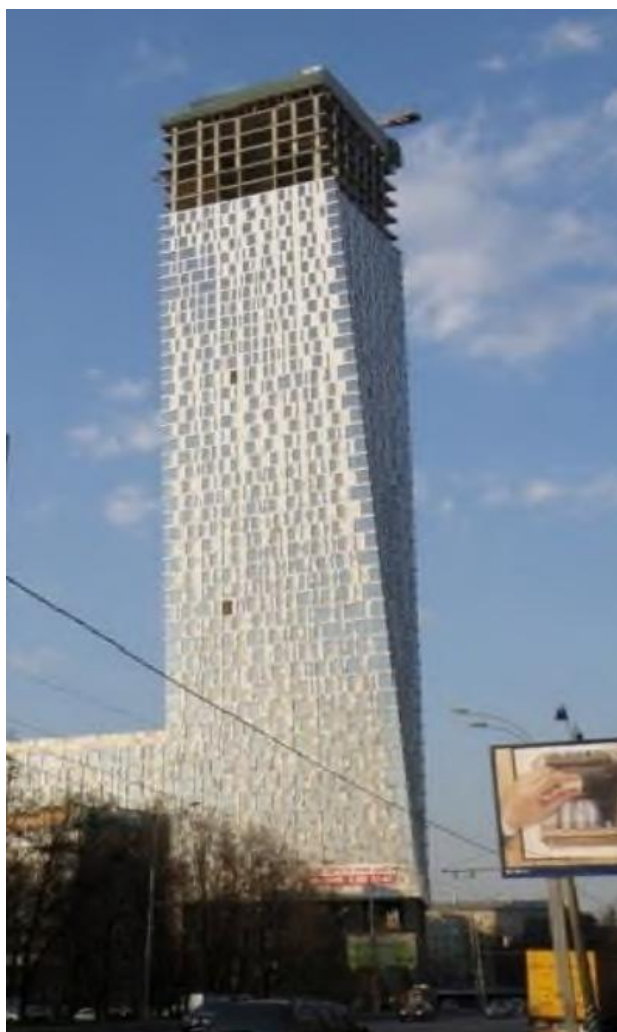


Рис.4. Здания с монолитным железобетонным каркасом

Резервуары для хранения воды, сжиженного газа и т. д. могут достигать объема в несколько сот тысяч кубометров. Ярким примером строительных возможностей монолитного бетона являются морские платформы для добычи нефти высотой в несколько сотен метров.

В России в последние годы также наметилась тенденция к увеличению применения монолитного бетона и железобетона в жилищно-гражданском строительстве с использованием инвентарной опалубки, высокопроизводительной технологии и комплексной механизации приготовления, транспортировки и укладки бетонной смеси.

Строительство жилых и общественных зданий с использованием монолитного бетона подтвердило возможность повышения качества архитектурных решений массовой застройки, при относительно меньших приведенных затратах и снижении расхода металла и энергоресурсов, по сравнению с другими видами индустриального строительства. Все шире используется монолитный бетон при возведении не только общественных и жилых зданий, но и индивидуальных многоэтажных усадебных домов и хозяйственных построек.

Применение монолитного железобетона может быть рационально и экономически выгоднее использования сборного железобетона в первую очередь в районах со сложными геологическими условиями, при повышенной сейсмичности, в местах, где отсутствуют или недостаточны мощности полносборного домостроения без развитой сети автодорог, в сельских районах при наличии местных заполнителей и др.

Строительство из монолитного бетона целесообразно по индивидуальным проектам для зданий и комплексов, выполняющих роль градостроительных акцентов, исторических центров городов, для зданий при комплексной застройке монолитными домами микрорайонов в городах и поселках на основе типизированных условий архитектурно-планировочных элементов; для зданий комбинированных систем, предусматривающих сочетание монолитных конструкций со сборными, кирпичными и др.

Годовой объем производства монолитного бетона и железобетона в России составляет 25–30млн.м³ и по отдельным видам строительства распределяется следующим образом (рис.5).

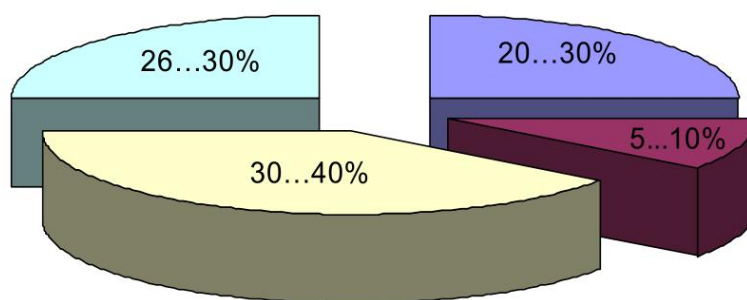


Рис.5. Производство монолитного бетона и железобетона в России: 35% промышленное и специальное; 26 – 30% – жилищно-гражданское; 20-30% – подземное и транспортное; 5 – 10% - сельскохозяйственное.

Экономические преимущества монолитных железобетонных конструкций по сравнению с кирпичным и полносборным строительством характеризуются снижением единовременных затрат на создание производственной базы на 20–30%, уменьшением расхода стали на 10–15%, а энергоемкости – до 30% и на 25% меньше по сравнению с кирпичными зданиями той же этажности, суммарными годовыми затратами. Суммарные трудовые затраты на возведение монолитных конструкций по сравнению с крупнопанельными примерно такие же.

Монолитный бетон и железобетон характеризуются несколько меньшими средними расходами цемента на 1м^3

бетонной смеси по сравнению со сборным железобетоном. Однако в целом средняя прочность бетона для монолитных железобетонных конструкций ниже средней прочности бетона на тяжелых плотных заполнителях для сборных конструкций. Расход арматуры для отдельных конструкций в монолитном варианте может быть ниже, чем в сборном, за счет использования конструктивных неразрезных элементов, исключения закладных деталей и монтажных петель, отсутствия расчетной арматуры на транспортные и монтажные нагрузки и др. Расход металла в монолитных конструкциях по сравнению со сборными, как правило, ниже для ленточных фундаментов жилых домов на 20%, фундаментов промышленных зданий – на 10%, безбалочных перекрытий многоэтажных промышленных зданий - на 25%. При строительстве 9–16этажных зданий монолитного железобетона в сейсмических условиях экономия арматурной стали может достигать 18–20%. В массовом жилищном строительстве при возведении 5–9этажных домов из монолитного железобетона экономия арматуры составляет менее 5%. Если же при этом учесть, что фактическая оборачиваемость опалубки в монолитном домостроении ниже, чем в сборном, то суммарный расход стали выравнивается. Трудоемкость арматурных работ в монолитном строительстве в 1,5–2 раза выше, чем при производстве сборного железобетона. Наиболее рациональные области применения монолитных

железобетонных конструкций в производственных зданиях – это фундаменты под колонны и технологическое оборудование; подземные конструкции (подвалы, тоннели и др.); несущие конструкции зданий с сеткой колонн $6 \times 6 \text{ м}$ и $6 \times 12 \text{ м}$ при нормативных временных нагрузках более 30 кН/м^2 ; каркасы и перекрытия (в том числе безбалочные) многоэтажных зданий при нормативных временных нагрузках свыше 25 кН/м^2 , а также конструкции зданий для горнорудной, горно-химической, цементной, угольной промышленности; стволы жесткости сборно-монолитных многоэтажных зданий и т. д.

В жилищно-гражданском строительстве монолитными целесообразно выполнять многоэтажные здания разнообразного назначения; различные фундаменты, ростверк свайных фундаментов; стены подвалов; безбалочные перекрытия, в том числе ребристые, по стальному профилированному настилу; перекрытия, выполняемые методом подъема; стволы жесткости для каркасных зданий большой этажности; пространственные покрытия типа оболочек, для большепролетных сооружений спортивного, зрелищного назначения, рынков. Расход основных строительных материалов в зданиях повышенной этажности в монолитном железобетоне различается довольно широко в зависимости от конструктивной схемы, прочностных характеристик материалов, величины действующих нагрузок и других факторов. В среднем расход бетона на 1 м^2 общей площади

этажей составляет от 0,4 до 0,7м³, а стали – от 25 до 70кг.

Монолитные решения целесообразны в инженерных сооружениях: емкостные сооружения, силосы, дымовые трубы, градирни и др. В транспортном и подземном строительстве – автодороги (за исключением временных), мосты (средних пролетов), тоннели при сооружении открытым способом. В энергетическом строительстве только монолитными могут возводиться плотины ГЭС, фундаменты, реакторные отделения АЭС, корпуса реакторов и защитных оболочек. В сельскохозяйственном строительстве в монолитном исполнении строятся столбчатые и ленточные фундаменты, склады, коллекторы, полы зданий производственного назначения. В России объем арматуры, перерабатываемой для монолитного железобетона, составляет примерно 50% от общего объема применяемой арматуры. Основная область применения монолитного бетона и железобетона в России – фундаменты, подземные и другие массивные строительные сооружения. Только 25-30% от общего объема монолитного железобетона расходуется на надземные части зданий и сооружений. В будущем эта доля будет увеличиваться, так как монолитный железобетон особенно эффективен при реконструкции зданий и сооружений. При использовании монолитного бетона может происходить некоторое повышение трудозатрат на строительной площадке. Однако эти недостатки можно свести к минимуму путем индустриализации производства

выполнения бетонных работ. Затраты рабочего времени в монолитном строительстве представлены на диаграмме (рис.6)

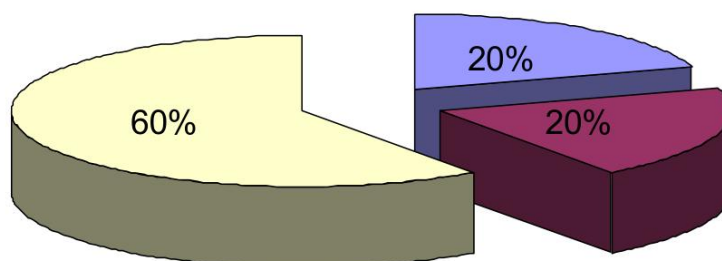


Рис.6. Затраты рабочего времени в монолитном строительстве: опалубочные – 20%; арматурные – 20%; приготовление, транспортирование и укладку бетона – 60%.

Ежегодно в России возводится около одного миллиона квадратных метров общей площади жилых зданий из монолитного бетона, более одного миллиона квадратных метров общественных и административных зданий. Применяется монолитный бетон также при возведении первых этажей нежилых зданий, лифтовых шахт в каркасных и панельных зданиях, большепролетных конструкциях, фундаментах. При строительстве жилых и общественных многоэтажных зданий разработан метод подъема этажей, монолитная конструкция при этом выполняется в виде плоских железобетонных безбалочных плит. Особенно эффектно выглядят в монолитном бетоне телевизионные башни,

являющиеся достопримечательностями многих городов. На сегодня самым высоким в мире отдельно стоящим сооружением является телебашня в Торонто (555м). Есть более высокие стальные мачты, но они раскреплены растяжками. В Германии и Японии широко строятся в переставной опалубке резервуары яйцевидной формы для очистных сооружений. К настоящему времени их построено общей емкостью более 1млн.м³. Единичные емкости таких резервуаров - от 1000 до 12тыс.м³.

Перспективно применение в малоэтажном строительстве несъемной опалубки, например, из пенополистирола. Такая опалубка собирается насухо с применением связей между наружным и внутренним слоями из отдельных блоков толщиной 7–10см и нескольких типоразмеров. После набора прочности бетоном, залитым внутрь, снаружи такая стена штукатурится полимерным раствором по сеткам из стекловолокна или цементным раствором по стальной сетке.

Разработаны эффективные методы выдерживания бетона в зимних условиях, позволяющие возводить бетонные и железобетонные конструкции при весьма низких температурах наружного воздуха без снижения их качества. Монолитный железобетон обладает рядом преимуществ по сравнению с металлом при использовании в каркасах высотных зданий. Во-первых, одно из основных преимуществ – более эффективная

диссипация (рассеяние) энергии колебания зданий при ветровых нагрузках. Во-вторых, поперечные сечения ядер могут иметь большие площади, что обеспечивает существенное повышение моментов сопротивления и соответственно незначительную деформативность таких зданий. Например, горизонтальные отклонения верха здания обычно не превышают $1/1000$ его высоты, и, наконец, с разработкой высокоподвижных, высокопрочных бетонов подача материала на высоту может осуществляться бетононасосами, что намного эффективнее крановых операций, неизбежных при монтаже стальных конструкций. При возведении высотных монолитных зданий применяются различные конструктивные системы. Наиболее распространенными являются системы с ядрами (стволами) жесткости. Обычно в ядре жесткости находятся лифтовые шахты. Ядро, или ствол, имеет по периферии плана каркас или систему диафрагм для обеспечения пространственной работы здания. Вертикальные и горизонтальные нагрузки воспринимаются стволом и диафрагмами.

Нередко вместо ядра жесткости по периметру плана здания бетонируется пространственный контур-оболочка, работающий совместно с дисками перекрытий и расположенными внутри колоннами, воспринимающими в основном вертикальную нагрузку.

К другим конструктивным системам относится этажерочный каркас, когда несколько ядер (стволов) жесткости соединены

массивными поперечными архитравами в нескольких уровнях по высоте здания. На архитравы опирается блок из 10–20 этажей. Для таких зданий применяют бетон высокой прочности. В г. Далласе (США) при строительстве 58-этажного административного здания «Ту Юнион Сквер» в колоннах использован бетон прочностью 160МПа. Применение сверхпрочного бетона позволило уменьшить расход стали более чем в 2раза и на 30% снизить стоимость строительства. Обычной же практикой является использование для этих целей бетона прочностью 60МПа и выше. Для зарубежного строительства характерна высокая культура работы с бетоном. Так, при возведении 74-х этажного небоскреба «Уогер Тауэр» в г. Чикаго (рис.8) были применены 24 состава бетонной смеси, различных по высоте здания.

В монолитных перекрытиях, мостах, емкостных сооружениях, напорных сосудах траектории напрягаемой арматуры могут иметь весьма сложные очертания, исходя из эпюр действующих усилий.

2. Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

Ху Япэн, Сысоев О.Е., Погорельских И.В. «О возможностях пустотных монолитных перекрытий». Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы VII Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апреля 2024 г. : в 4 частях / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.), А. В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2024.