

Особенности расчета и монтажа зданий с неполным каркасом

Инженер ГОУ СПбГПУ Д.В. Петросов,
профессор ГОУ СПбГПУ, директор ООО «Коллаж студия» В.Д. Кузнецов*

В настоящее время в строительстве многоэтажных производственных и гражданских зданий и сооружений выявилась тенденция к увеличению этажности. Причинами этого являются бурный рост населения городов, стремление к экономии территории, сокращение протяженности городских коммуникаций (в том числе и транспорта) и прочее.

Конструктивной основой многоэтажного здания служит пространственная несущая система из стержневых и панельных железобетонных элементов, взаимосвязанных между собой в порядке, обеспечивающем прочность, устойчивость и долговечность системы в целом, а также ее отдельных элементов. Пространственная работа системы проявляется в том, что при загрузке одного из ее элементов в работу включаются и другие элементы.

По конструктивной схеме многоэтажное здание разделяют на каркасные, бескаркасные (с несущими стенами) и с неполным каркасом, а по назначению на промышленные и гражданские.

Помимо строительства новых многоэтажных зданий, не стоит забывать, что в городских фондах жилищно-коммунальных хозяйств накопилось достаточно большое количество зданий средней этажности (до 4..5 этажей) старой постройки с наружными и внутренними несущими стенами из кирпича и междуэтажными перекрытиями и покрытиями по деревянным балкам. Такие перекрытия после длительного срока эксплуатации в большинстве случаев исчерпали ресурс по прочности и надежности, имеют большой физический износ, не удовлетворяют требованиям пожарной безопасности, потребительским качествам и подлежат демонтажу и замене, либо сносу здания. Последнее требует дополнительных затрат на демонтаж и утилизацию старых строений, перекладку инженерных сетей, коммуникаций и др., что вызывает рост себестоимости вновь возводимых площадей для потребителей. Вместе с тем, в силу сложившейся градостроительной ситуации и исторических традиций, отдельные здания могут иметь статус памятников архитектуры как историческая ценность и охраняются государством. Поэтому для сохранения таких зданий предпочтительным является их реконструкция без изменения внешнего облика с максимальным использованием существующих конструкций и применением новых, более надежных конструктивных решений, позволяющих при минимальной себестоимости обеспечивать современную планировку внутреннего пространства, удовлетворять требованиям действующих норм. В УП «Институт БелНИИС» разработано и апробировано на практике техническое решение по ремонту и модернизации зданий старой постройки, замене деревянных перекрытий и внутренних несущих стен и перегородок на встраиваемый в существующий объем неполный железобетонный каркас с плоскими сборно-монолитными дисками перекрытий из многопустотных плит.

За последние время темпы строительства в нашей стране увеличиваются из года в год, но несмотря на это, дефицит жилья сохраняется. Особенно остро эта проблема стоит в крупных городах. Население готово покупать квартиры даже по завышенным ценам. И пока предложение не начнет удовлетворять потребности населения в жилье, говорить о снижении стоимости квадратного метра не приходится.

Одним из способов решения этих проблем является строительство зданий с использованием неполного железобетонного каркаса, который позволяет:

1. Включать в общую или жилую площадь все пространство здания и проектировать дома коммерческого типа с большим выходом квартир.
2. Планировать комнаты любой площади, вплоть до 30 м².
3. Снизить расход материалов на строительство здания, что приводит также к снижению собственного веса конструкции, а следовательно, и расчетных значений при проектировании (например, фундамента). Это позволяет снизить стоимость квадратного метра.
4. Использовать резервы старого фонда путем реконструкции зданий без изменения их внешнего облика.

Монолитное строительство в России набирает обороты. Монолитный железобетон обладает более высокими конструктивными показателями, обеспечивающими жесткость конструкции для высотных зданий. Железобетонные конструкции широко используются в капитальном строительстве при воздействии температур не выше 50 °С и не ниже 70 °С. Во многих случаях конструкции из железобетона целесообразней каменных или стальных. К преимуществам каркасно-монолитного строительства относится как гибкость общих архитектурно-планировочных решений, так и возможность свободной планировки помещений. Каркасно-монолитное жилье может быть любой категории, от экономичной до элитной.

В крупных городах России каркасно-монолитное жилье давно стало привычным. Основу конструкции таких домов составляют колонны, несущие на себе монолитные перекрытия.

Современные требования к теплопередаче через наружные стены привели к тому, что полностью кирпичные наружные стены многоэтажных домов не строятся, так как требуемая толщина кирпичной кладки достигла бы на нижних этажах полутора метров. Каркасно-монолитный дом не имеет подобной проблемы, так как стену на каждом этаже несет плита перекрытия. Стена является «самонесущей» в пределах одного этажа, что избавляет ее от необходимости быть опорой для вышележащих этажей.

Основные несущие элементы зданий

Конструктивной основой многоэтажного здания служит пространственная несущая система из стержневых и панельных железобетонных элементов, взаимосвязанных между собой в порядке, обеспечивающем прочность, устойчивость и долговечность системы в целом, а также ее отдельных элементов. Пространственная работа системы проявляется в том, что при загрузке одного из ее элементов в работу включаются и другие элементы.

Каркас — несущая основа конструкции здания, сооружения или строительной детали, состоящая из сочетания линейных элементов. Наиболее прогрессивны в массовом строительстве по своей экономичности, долговечности, огнестойкости, расходу металла и условиям изготовления и возведения сборные железобетонные каркасы.

Жесткость узлов соединения сборных рамных каркасов достигается сваркой стальных закладных частей или замоноличиванием выпусков арматуры, сваренных между собой. В современном строительстве широко применяют конструктивную каркасную схему с полным каркасом и самонесущими или навесными стенами и с неполным каркасом и несущими стенами.

Сборный железобетонный каркас в гражданских зданиях состоит из одно- или двухэтажных стоек (колонн) и ригелей таврового или прямоугольного сечения. По высоте стойки соединяются сваркой стальных оголовков колонн между собой или сваркой концов арматурных стержней, выпущенных из тела стоек с последующим замоноличиванием стыка.

В зданиях с неполным каркасом наружные стены делают несущими, а колонны располагают лишь по внутренним осям здания. При этом ригели укладывают между колоннами, а иногда и между колоннами и наружными стенами (рис. 1б).

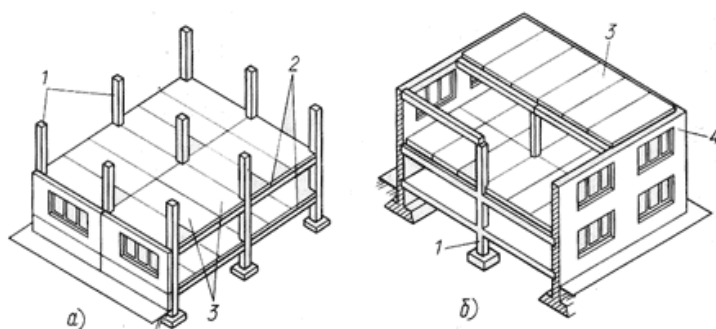


Рисунок 1. Конструктивные схемы зданий: а — с полным каркасом, б — с неполным каркасом; 1 — колонны, 2 — ригели, 3 — панели перекрытий, 4 — несущие наружные стены

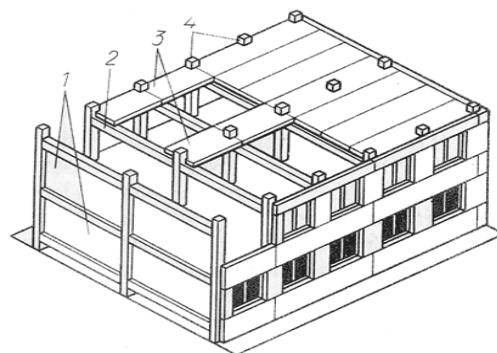
Здание любого типа должно быть не только достаточно прочным, не разрушаться от действия нагрузок, но и не опрокидываться при действии горизонтальных нагрузок, и иметь пространственную жесткость, т. е. способность как в целом, так в отдельных его частях сохранять первоначальную форму при действии приложенных сил.

Пространственная жесткость бескаркасных зданий обеспечивается несущими наружными и внутренними поперечными стенами, в том числе стенами лестничных клеток, связанными с наружными продольными стенами, а также междуэтажными перекрытиями, связывающими стены и разделяющими их по высоте здания на отдельные ярусы.

Пространственная жесткость каркасных зданий (рис. 2) обеспечивается:

1. совместной работой колонн, связанных между собой ригелями и перекрытиями и образующих геометрически неизменяемую систему;
2. установкой между колоннами стенок жесткости 1 или стальных вертикальных связей;
3. сопряжением стен лестничных клеток с конструкциями каркаса;
4. укладкой в междуэтажных перекрытиях (между колоннами) панелей-распорок 3.

Рисунок 2. Элементы, обеспечивающие пространственную жесткость каркасных зданий: 1 – стенки жесткости, 2 – ригели, 3 – панели-распорки, 4 – колонны



Пространственная жесткость зданий с неполным каркасом (рис. 3) обеспечивается:

1. совместной работой колонн, связанных между собой ригелями и перекрытиями и образующих геометрически неизменяемую систему;
2. включением в работу несущих наружных стен;
3. сопряжением стен лестничных клеток с конструкциями каркаса;
4. укладкой в междуэтажных перекрытиях (между колоннами) панелей-распорок.

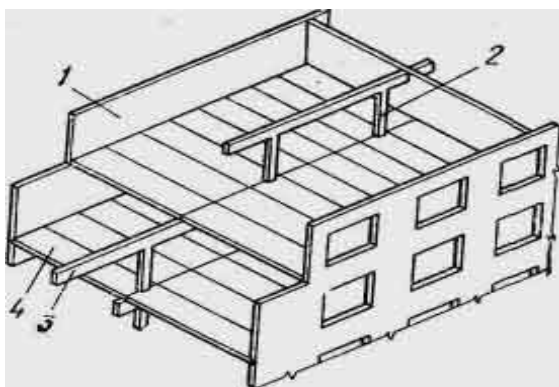


Рисунок 3. Элементы, обеспечивающие пространственную жесткость зданий с неполным каркасом: 1-несущая стена; 2-внутренняя колонна; 3- ригель; 4 – перекрытие

Конструктивные схемы зданий с неполным каркасом могут быть:

- 1) с продольным расположением ригелей;
- 2) с поперечным расположением ригелей;
- 3) безригельными.

В этих схемах несущие внутренние стены заменены колоннами и перегородками между ними, что уменьшает расход стеновых материалов. Нагрузки от ригелей и перекрытий воспринимаются также и наружными стенами.

Современный период массового жилищного строительства характеризуется тем, что, с одной стороны, впервые может осуществиться гибкая планировка квартир и блоксекций, с другой – гибкая технология изготовления индустриальных изделий жилых полносборных зданий.

Для решения гибкой планировки квартир и блоксекций наиболее целесообразно применение конструктивных систем с неполным каркасом и продольными несущими стенами. В системе, построенной на неполном каркасе (рис. 3), сохраняются крупнопанельная оболочка наружной стены с повышенными теплотехническими характеристиками, а также лестнично-лифтовые узлы. Из внутреннего пространства здания удаляются все стеновые панели, бывшие перегородочными и несущими. Вместо них появляется один или два ряда колонн, которые не мешают внутренней планировке. Плиты перекрытия, ранее опертые по контуру, опираются на одну сторону и две колонны или же на четыре колонны, в которых меняется армирование. Внутренние перегородки могут быть газосиликатные, гипсокартонные и любые другие, но желательно легкие, чтобы исключить перерасход металла.

Эта система позволяет включать в общую или жилую площадь все пространство здания и дает возможность проектировать дома коммерческого типа с большим выходом квартир. Проектировщики могут планировать комнаты любой площади вплоть до 30 м², эркеры, встроенные помещения различного назначения и т.д. Проведенные лабораторные и натурные испытания показали, что плиты с заземленными углами работают успешно.

Особенности монтажа зданий

В зависимости от последовательности установки конструкций различают метод отдельного, или дифференцированного, монтажа и комплексный метод.

Обычная технология монтажных работ предусматривает размещение элементов сборных конструкций на приобъектном складе. При этом приходится дважды выполнять многие монтажные операции: первый раз, когда элементы выгружаются с транспортных средств на склад, и второй раз — при их монтаже. Более производительным является монтаж с транспортных средств («монтаж с колес»). При этом способе сборные элементы или готовые конструкции доставляют на стройку в строгой технологической последовательности, и они попадают на монтаж непосредственно с транспортных средств без разгрузки на склад. Весь комплекс работ по возведению каркаса здания осуществляется по часовым графикам, разработанным на каждую захватку и на каждую смену. Такая организация работ не только сокращает размеры приобъектных площадок и затраты на их оборудование и содержание, но и ускоряет и удешевляет монтажные работы в целом.

При повышении этажности значительно возрастают требования к точности монтажа. В основных несущих элементах таких домов предусматривают закладные детали-фиксаторы, исключающие возможность смещения монтируемых конструкций на большую величину, что указывается в проекте.

Конструктивная схема зданий повышенной этажности, возводимых без несущего каркаса, аналогична схеме обычных зданий с железобетонными внутренними поперечными несущими стенами-перегородками. Панели перекрытий — размером на комнату и панели внутренних стен — из тяжелого бетона

Дома высотой 14—16 этажей строят также каркасными с навесными панелями. Пространственная жесткость таких домов обеспечивается ригелями, устанавливаемыми на консоли колонн, а также продольными и поперечными сплошными железобетонными стенками, устанавливаемыми через 12—18 м. Колонны каркаса в таких домах, как правило, двухэтажные, стык их расположен выше уровня междуэтажного перекрытия, что создает удобство для монтажа колонн с помощью кондукторов и рамно-шарнирных индикаторов (РШИ), сварки и замоноличивания стыков. Ригели каркаса крепят к колоннам сваркой металлических связей и выпусков арматуры, заделываемых бетоном при замоноличивании стыков. Наружные керамзитобетонные навесные панели скрепляют между собой и с каркасом сваркой выпусков арматуры и закладных деталей, замоноличиваемых бетоном.

Каркасно-панельные здания повышенной этажности монтируют:

- 1) отдельным методом;
- 2) комплексным методом.

При отдельном методе сначала монтируют на высоту нескольких этажей, резе на всю высоту здания, несущий каркас, междуэтажные перекрытия и подаваемые краном внутрь здания элементы, а затем уже навесные панели наружных стен.

При комплексном методе соблюдается принцип поэтажного (поярусного) монтажа всех конструкций как несущих, так и ограждающих. Порядок монтажа, выверки и закрепления элементов предусматривается проектом производства работ. Независимо от принятого метода монтажа разрыв между монтажом каркаса и укладкой настилов перекрытий можно допускать не более трех этажей. При большем разрыве укладка железобетонных настилов осложняется возведенной сеткой каркаса, а сам каркас не будет иметь необходимой жесткости. В пределах каждого этажа (яруса) монтаж осуществляется по системе захваток. При этом только после окончательного проектного закрепления всех монтажных узлов и стыков каркаса предыдущего этажа (яруса) и достижения бетоном монолитных стыков несущих конструкций не менее 70% проектной прочности разрешается приступать к установке конструкций каркаса последующего этажа (яруса). До этого не разрешается снимать кондукторы и другие приспособления, временно закрепляющие конструкции. Этим обеспечивается жесткость и устойчивость конструкций в процессе монтажа.

Математические модели здания

Построение расчетной схемы осуществлялось с помощью алгоритмов комплекса SCAD Office. Среди особенностей расчетной схемы, помимо прочих, можно выделить:

- присутствие в конструктивной схеме здания ядер и диафрагм жесткости
- все задачи решались без учета нелинейности

К прочим можно отнести все пренебрежения и упрощения, присущие МКЭ и алгоритмам программы SCAD, являющиеся одинаковыми для любой подобной задачи.

В расчетной схеме применены следующие типовые элементы: стержни (10 – универсальный стержень с шестью степенями свободы), оболочки (42, 44 – с шестью степенями свободы), связи конечной жесткости (51), упругие связи (55) – согласно наименованиям, принятым в ПК SCAD.

Математическая модель представляет собой 16-и этажное здание с неполным железобетонным каркасом. Высота этажа 3 метра. Наружные стены подвала и первого этажа выполнены из монолитного железобетона. Остальные наружные стены являются так же несущими и выполнены из кирпича марки 150 толщиной 640 мм. Перекрытия подвала и монолитное, толщиной 200мм. Перекрытия этажей выполнены из сборного железобетона толщиной 220мм.

Узел сопряжения сборных плит перекрытий и кирпичных стен представляет собой жесткую заделку.

На рис. 4 представлен общий вид расчетной модели. Численно-параметрические характеристики модели представлены в таблице 1.



Рисунок 4. Общий вид расчетной модели

Таблица 1. Численно-параметрические характеристики модели

Параметр	Количество узлов	Количество элементов	Количество загрузений	Линейный размер рядового конечного элемента
Размерность	Ед.	Ед.	Ед.	м
Значение	38791	41545	8	0,6

Математическая модель 2 является аналогичной модели 1 за исключением способа моделирования сборных плит перекрытия и узла сопряжения сборных плит перекрытия и кирпичных стен.

При моделировании было учтено технологическое исполнение перекрытий как сборных: каждая плита смоделирована отдельным конечным элементом и учтен шов между плитами. Марка бетона В20. Пример моделирования узла опирания двух плит на несущую наружную кирпичную стену показан на рисунке 5



Рисунок 5. Моделирование сборных плит

Моделирование узла сопряжения несущих стен и ригелей

Ригель с колонной соединяются между собой посредством сваренных между собой закладных деталей. Соединительной деталью служат металлические пластины «рыбки» для восприятия момента $5.5t^*m$. В расчетной модели эти элементы смоделированы реальной жесткости.

Пустотные плиты перекрытия опираются на ригель, сжимающая нагрузка передается через шов раствора принятый в расчете 2см.

Жесткость шва между плитами перекрытия не учтена в запас прочности.

На рисунках 6, 7 представлен фрагмент расчетной модели.

Рисунок 6. Фрагмент расчетной модели. 1 – Тип жесткости 1 брус 15x40см ($E=2.7E6$ т/м³) моделирует консоль колонны. 2 – Тип жесткости 2 брус 20x20см ($E=2.7E9$ т/м³) моделирует консоль ригеля. 3 – Тип жесткости 3 брус 40x8см ($E=11.75E6$ т/м³) моделирует жесткость шва опирания пустотных плит перекрытий на ригель. 4 – Тип жесткости 4 брус 40x40см ($E=2.7E9$ т/м³). Элемент «рыбка» 9x0.8см $L=275$ мм ($E=2.1e7$ т/м³).

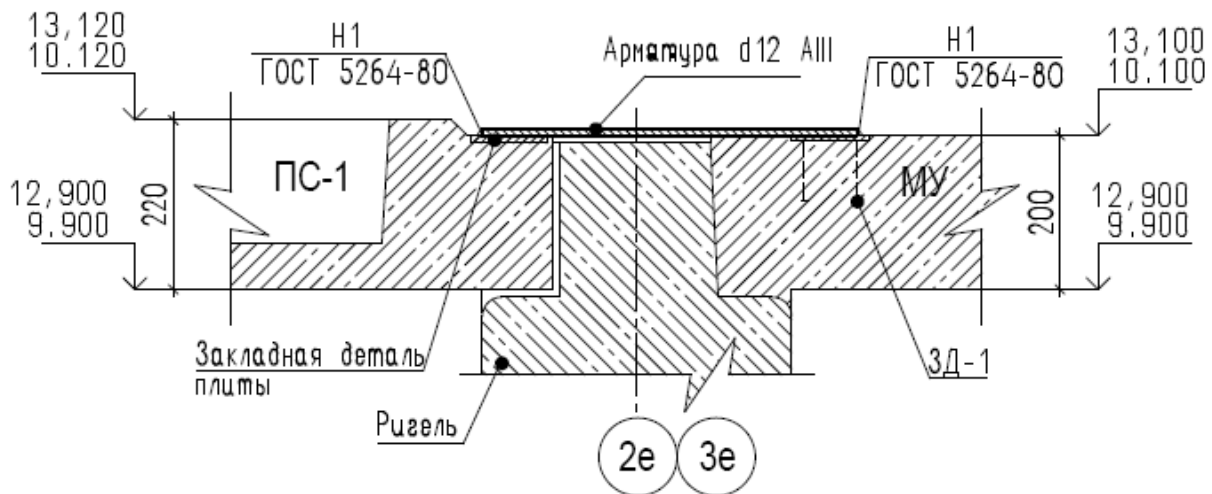
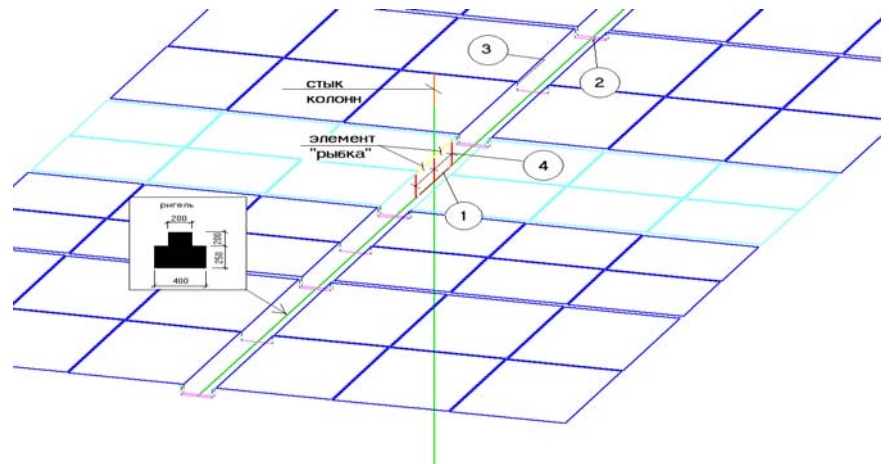


Рисунок 7. Узел сопряжения сборной плиты, ригеля и монолитного участка

Моделирование узла сопряжения несущих стен и перекрытия

Случай, когда узел сопряжения сборной плиты и кирпичной стены моделируется как жесткая заделка перекрытия в стену, является не совсем адекватным реальному узлу. Чтобы максимально точно смоделировать такой узел в программном комплексе SCAD Office, мы используем гибкие вставки, которые по своим жесткостным характеристикам соответствуют арматурному стержню.

На рис. 8 представлен разработанный узел сопряжения несущих стен и перекрытия.

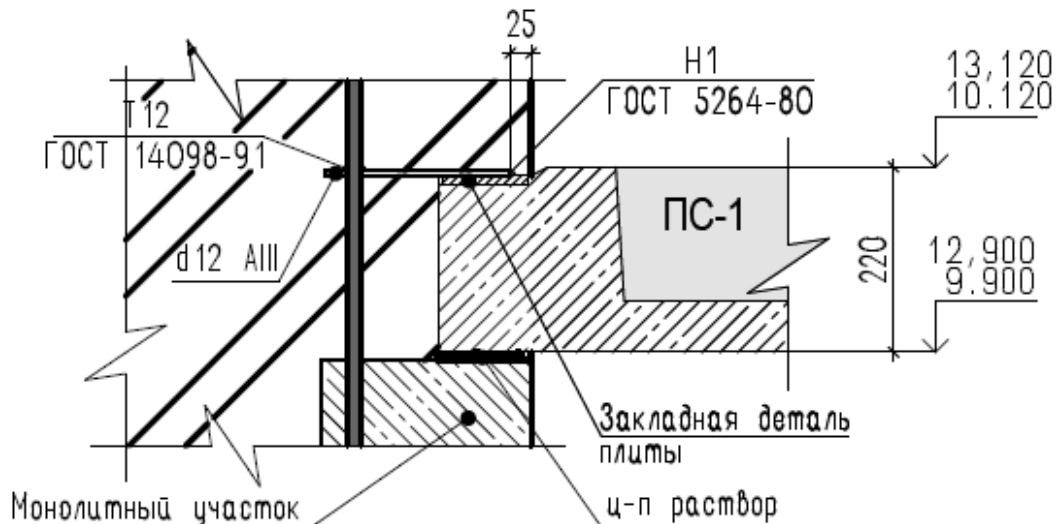


Рисунок 8. Узел сопряжения сборной плиты перекрытия и кирпичной стены

Для расчета такого узла зададимся арматурой произвольного сечения и класса, которая способна выдержать усилия, возникающие в узле, и сопоставим усилия, возникающие в узле от нагрузок, действующих на систему $N_{доп}$, и сопротивление арматуры на растяжение N .

Сопротивление арматуры на растяжение вычислим по формуле [1]:

$$N = S \times R, \tag{1}$$

где $S = 1,131 \text{ см}^2$ – площадь арматуры $d12 \text{ AIII}$;

$R = 3750 \text{ кг/см}^2$ – расчетное сопротивление арматуры $d12$ на растяжение.

$$N = 1,131 \times 3,750 = 4,24 \text{ T}$$

Если в результате расчета получится, что $N < N_{доп}$, то это значит, что сечение подобрано неверно и его следует увеличить и произвести расчет заново. А если же $N \geq N_{доп}$, следовательно, диаметр и класс арматуры подобраны верно.

Вычислим жесткость арматуры $d12 \text{ AIII}$ и зададим ее в SCAD.

Модуль упругости бетона и кирпича равен:

$$E_b = 2,75 \times 10^6 \text{ т/м}^2 = 2,7 \times 10^4 \text{ МПа} \text{ – для бетона В20}$$

$$E_k = 448521,9 \text{ т/м}^2 = 4400 \text{ МПа}$$

Жесткость есть величина, обратная податливости. Податливость арматуры вычислим по следующим формулам:

$$\varphi = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{d_{10} \cdot E_b}, \tag{2}$$

$$\varphi = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{d_{12} \cdot E_k}, \tag{3}$$

$$\varphi_{об} = \frac{1}{\frac{1}{\varphi_1} + \frac{1}{\varphi_2} + \frac{1}{\varphi_3} + \frac{1}{\varphi_4} + \frac{1}{\varphi_{связи}}}, \tag{4}$$

$$\varphi_{об} = \frac{1}{EF}, \tag{5}$$

где EF – искомая жесткость

$$\varphi_{1-4} = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 2,7 \cdot 10^4} = 2,22 \cdot 10^{-8} \text{ м/Н};$$

$$\varphi_5 = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{1,2 \cdot 0,44 \cdot 10^4} = 11,36 \cdot 10^{-8} \text{ м/Н};$$

$$\varphi_{об} = \frac{1}{\frac{4}{2,22 \cdot 10^{-8}} + \frac{1}{11,36 \cdot 10^{-8}}} = 1,89 \cdot 10^8 \text{ Н/м} = 1,92 \cdot 10^4 \text{ Т/м};$$

$$\varphi_{об} = 1920 \text{ Т}$$

Для адекватного сравнения моделей такие характеристики, как типы элементов, жесткостные характеристики элементов, нагрузки, действующие на схему, комбинации загрузжений и расчетные сочетания усилий мы принимаем одинаковыми для модели 1 и 2.

Типы элементов расчетной схемы. Задание жесткостных характеристик элементам

При расчете каркаса здания были назначены жесткости оболочечных элементов, формирующих наружные несущие кирпичные стены в соответствии с расчетом в программе-сателлите Камин без учета анизотропности материала.

- Коэффициент надежности по ответственности 0,95
- Возраст кладки – до года
- Срок службы 25 лет
- Камень – Кирпич глиняный пластического прессования
- Марка камня – 150
- Раствор – обычный цементный с минеральными пластификаторами
- Марка раствора – 100
- Объемный вес кладки 1,8 Т/м³

Нагрузки, действующие на схему

Таблица 2. Используемые загрузки

	Наименование нагрузки	Тип нагрузки	Значение	Коэффициент надежности по нагрузке	P31	P32	P33	P34	P35
1	Собственный вес	Постоянная (1,0)	Учитывается автоматически в ПК SCAD	1,1	+	+	+	+	+
2	Распределенная на перекрытия в жилых помещениях ПОЛНАЯ	Кратковременная (0,9)	150 кгс/м ²	1,3					
3	Распределенная на перекрытия в нежилых помещениях ПОЛНАЯ	Кратковременная (0,9)	200 кгс/м ²						+
4	Распределенная на перекрытие технического этажа ПОЛНАЯ	Кратковременная (0,9)	70 кгс/м ²						
5	Распределенная на перекрытия в жилых помещениях Пониженная	Временная длительная (0,95)	30 кгс/м ²	1,3					+
6	Распределенная на перекрытия в нежилых помещениях Пониженная	Временная длительная (0,95)	70 кгс/м ²						
7	Распределенная на перекрытия в процессе строительства	Временная длительная (0,95)	100кгс/м ²	1,3	+	+	+	+	
8	Нагрузка от кровли	Кратковременная (0,9)	329 кгс/м ²	1,3					+
9	Нагрузка от пола и перегородок (распределенная на перекрытия)	Временная длительная (0,95)	100 кгс/м ²	1,3			+	+	+
10	Снеговая нагрузка	Кратковременная (0,9)	126 кгс/м ²	1,4					+
11	Ветровая нагрузка (к перекрытиям)	Кратковременная (0,9)	Вест	1,4	+ -	+	+	+	+

На расчетную схему действуют следующие нагрузки:

- собственный вес;
- полезная нагрузка;
- нагрузка от пола и перегородок;
- ветровая нагрузка;
- снеговая нагрузка.

В соответствии со СНиП 2.01.07-85* [1] при высоте здания свыше 40 метра при расчете ветровой нагрузки необходимо учитывать и пульсационную составляющую. Высота нашего здания составляет 54 метра, поэтому была учтена пульсационная составляющая. Расчет выполнен по нормам проектирования "СНиП 2.01.07-85* [1] с изменением №2".

Комбинации загружений в расчетной схеме

Практически любая конструкция подвергается воздействию множества нагрузок различного вида, возникающих при возведении и эксплуатации сооружения. Расчет же чаще всего выполняется на отдельные (элементарные) варианты нагружения в предположении, что любой реальный вариант нагружения системы может быть представлен как линейная комбинация элементарных.

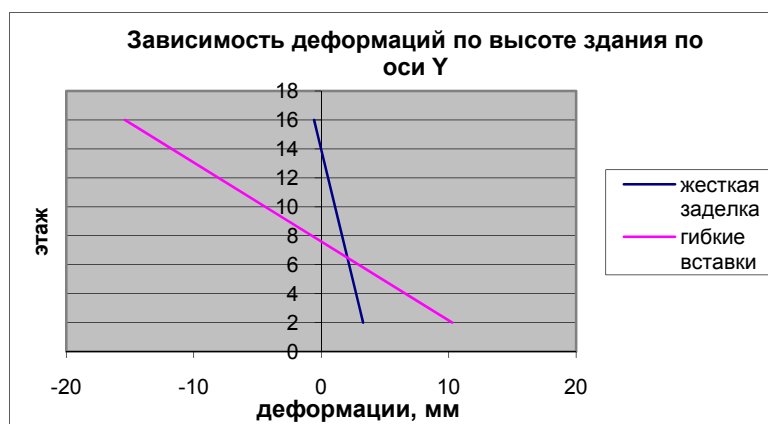
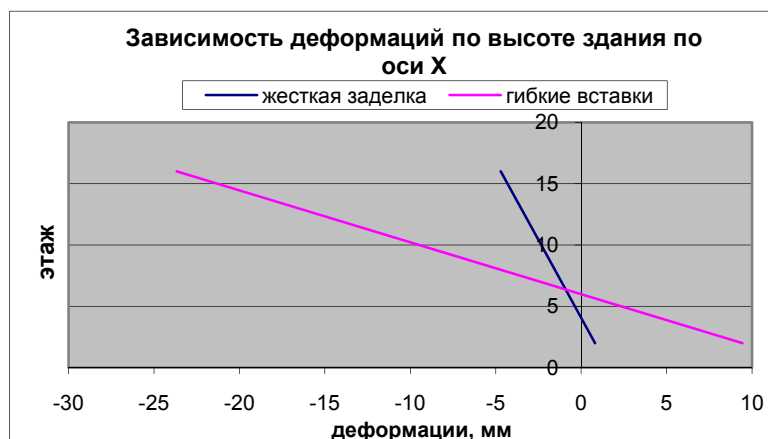
Это предположение оправдано при линейном подходе к расчету, поскольку только для линейных систем справедлив принцип суперпозиции.

Выполнить расчет на комбинацию загружений — это получить показатели напряженно-деформированного состояния системы, на которую одновременно действуют несколько загружений.

Сравнение полученных результатов

В результате расчета моделей были получены значения перемещений и усилий.

Из графиков на рис. 9 видно, что выбор методики моделирования узлов значительно влияет на деформации здания.



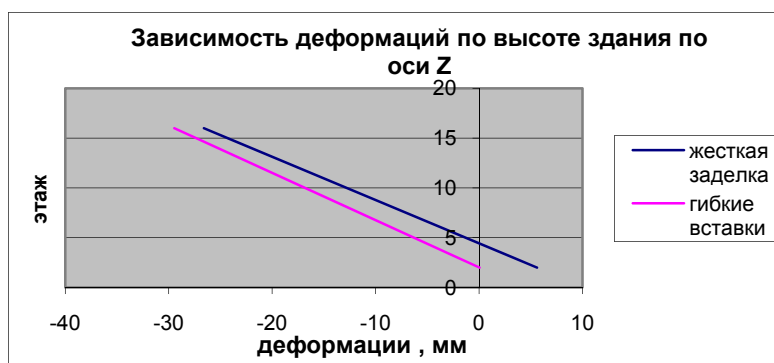


Рисунок 9. Зависимость деформаций по высоте здания

Заключение

Проблема доступного жилья и дефицита жилья в целом для Санкт-Петербурга и всего Северо-Западного региона весьма актуальна. Одним из способов решения этих проблем является строительство зданий с использованием неполного железобетонного каркаса. Правильно запроектированное и рассчитанное здание с неполным каркасом повышает надежность и эффективность многоэтажных жилых зданий.

В ходе выполнения работы было сделано следующее.

1. Построены две модели одного и того же здания, с различными видами моделирования узла сопряжения сборного железобетонного перекрытия и несущей кирпичной стены.
2. Показана целесообразность применения предложенного нами узла.
3. Произведены вычисления усилий, возникающих в узле, и на этом основании подобраны оптимальные параметры армирования.
4. Установлена линейная зависимость усилий, возникающих в арматуре, связывающей перекрытие и стену, отличающаяся большей точностью численных значений, при двух различных способах описания узла.
5. Предложена методика составления расчетной схемы и способ адекватного описания такого узла с помощью метода конечных элементов.

Литература

1. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».
2. СНиП 2.03.01-84*. «Бетонные и железобетонные конструкции».
3. СНиП II-28-81 «Каменные и армокаменные конструкции».
4. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / Под общей ред. Перельмутера А.В.. М., 2007.
5. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. Вычислительный комплекс SCAD. М., 2004.
6. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М., 1975.
7. Фролов А.К., Бедов А.И., Родина А.Ю., Шпанов В.Н, Фролова Т.В. Проектирование железобетонных, каменных и армокаменных конструкций (учебное пособие). М., 2004.
8. Ханджи В.В. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом. М., 1977.
9. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. Учебное пособие для вузов. – М., 1977.
10. Маклакова Т.Г. Конструкции гражданских зданий. М., 1986.
11. Иванов-Дятлов И.Г., Деллос К.П., Иванов-Дятлов А.И. и др. Строительные конструкции: Учеб. для авт.-дор. спец. вузов. / под ред. Байкова В.Н., Попова Г.И. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1986.
12. Ищенко И.И. Технология каменных и монтажных работ. М., 1976.

**Дмитрий Вадимович Петросов, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. раб. 552-76-10, эл. почта dpetrosov@mail.ru