

УКРАИНСКИЙ ЦЕНТР  
СТАЛЬНОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ





Бассам Бурган, Артем Билык

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

УДК 338.45:69.032.2](477)

ББК 65.9(4Укр)31+38.71

Б91

**Бассам Бурган, Артем Билык**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ**

Предлагаемая вниманию читателя публикация представляет результаты проведенного исследования по сравнительному анализу различных конструктивных схем каркасов современных офисных зданий класса «А» с применением стальных и железобетонных конструкций. Кроме этого, в работе было учтено влияние применяемых несущих конструкций каркаса на другие элементы здания – фундаменты, облицовку, инженерные сети, которые могут составлять значительную долю общей стоимости строительства. Анализ также включает предварительный расчет длительности возведения здания по укрупненным показателям для каждой из конструктивных схем.

Публикация была подготовлена совместно Украинским Центром Стального Строительства, Институтом Стального Строительства (Steel Construction Institute, U.K), КНУСА и компанией Метинвест.

ISBN 978-617-696-206-9

© Украинский Центр Стального Строительства, 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию читателя публикация представляет результаты проведенного исследования по сравнительному анализу различных конструктивных схем каркасов современных коммерческих зданий – с применением стальных и железобетонных конструкций. В качестве объекта исследования коммерческой недвижимости было взято офисное здание класса «А» с 19 надземными этажами и двумя уровнями подземного паркинга, которое планируется возвести в престижном деловом квартале центральной части г. Киева.

В дополнение к списку авторов Украинский Центр Стального Строительства хотел выразить особую благодарность следующим персонам и компаниям, которые принимали участие в подготовке информации и написании отдельных глав:

Nick Cotton	DTZ
Билык С.И., д.т.н.	КНУСА
Билык А.С., к.т.н.	КНУСА
Хмельницкая А.В.	КНУСА
Пасечник В.И.	Укринсталькон им. В.Н.Шимановского
Камынин Н.А.	Укринсталькон им. В.Н.Шимановского
Карпенко Ю.В.	Основа-Солсиф
Саволук А.Е.	Основа-Солсиф
Лядецкий М.	Основа-Солсиф
Носов В.В.	Укрстальконструкция
Захарченко А.А.	Укрстальконструкция
Мартынюк А.Я., к.т.н.	ПЕМ-Инжиниринг
John Miller	Thomas & Adamson
Кравчук Н.	Thomas & Adamson

Концепция итоговой публикации и общее управление проектом исследования осуществлялись Директором Института Стального Строительства, MSc, PhD, DIC, LLM Бассамом Бурганом.

Украинский Центр Стального Строительства выражает особую благодарность группе Метинвест, осуществившей финансирование подготовки данной публикации.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ</b>		
1.1	Принятая методология	10
1.2	Структура настоящего документа	11
1.3	Результаты проекта	12
<b>РАЗДЕЛ 2. АРХИТЕКТУРНАЯ И КОНСТРУКТИВНАЯ ФОРМА ЗДАНИЯ</b>		
2.1	Общие данные, местоположение и концепция здания	16
2.2	Архитектурная форма	16
2.3	Требования, не связанные с конструктивной формой	17
2.3.1	Покрытие полов	17
2.3.2	Междуэтажные лестницы	18
2.3.3	Подвесной потолок	18
2.3.4	Внутренние стены, перегородки и двери	18
2.3.5	Санитарно-технические узлы и управление отходами	18
2.3.6	Внешние стены и двери	18
2.3.7	Ядро жесткости	18
2.3.8	Кровля	18
2.3.9	Отопление и кондиционирование воздуха	19
2.3.10	Инженерные сети	19
2.3.11	Разводка коммуникаций в зоне перекрытий	19
2.3.12	Противопожарная безопасность	19
2.3.13	Вертикальный транспорт	20
2.3.14	Электрические и телекоммуникационные сети	20
2.3.15	Подземные этажи	20
<b>РАЗДЕЛ 3. КРИТЕРИИ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ</b>		
3.1	Нормативная база	26
3.2	Частичные коэффициенты надежности	26
3.3	Нагрузки	27
3.3.1	Нагрузки на перекрытия, кровлю и стены	27
3.3.2	Снеговые нагрузки	27
3.3.3	Сейсмические нагрузки	27
3.3.4	Ветровые нагрузки	27
3.3.5	Сочетание нагрузок	27
3.4	Ограничения по второму предельному состоянию	28
3.4.1	Максимальное горизонтальное перемещение	28
3.4.2	Вертикальные прогибы несущих элементов	28
3.4.3	Собственная частота колебаний	28
3.4.4	Строительная высота и общий габарит перекрытий	28
3.5	Требования к огнестойкости	28
3.6	Принятые грунтовые условия	29
3.7	Фундаменты и подземные этажи	29
3.8	Принятые конструкционные материалы	30

<b>РАЗДЕЛ 4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РАЗМЕЩЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ</b>		
4.1	Стальные композитные балки и железобетонные плиты перекрытий по профилированному настилу	34
4.2	Стальные композитные балки с отдельными отверстиями в стенке	34
4.3	Монолитные железобетонные безбалочные перекрытия	35
4.4	Монолитные железобетонные балочные перекрытия	36
4.5	Размещение инженерных сетей в зоне перекрытий	36
<b>РАЗДЕЛ 5. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ КАРКАСА, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ИССЛЕДОВАНИИ</b>		
5.1	Конструктивные схемы с ячейкой сетки колонн 7,5x7,5 м	40
5.1.1	Каркас с применением стальных колонн и короткопролетных балок	40
5.1.2	Железобетонный каркас с безбалочным решением перекрытия	41
5.2	Конструктивные схемы с ячейкой сетки колонн 7,5x15 м	43
5.2.1	Каркас с применением стальных колонн и длиннопролетных балок с отдельными отверстиями в стенке	43
5.2.2	Монолитные железобетонные балочные перекрытия	44
5.3	Сведенные результаты конструктивных расчетов	46
5.4	Монолитное железобетонное ядро жесткости	46
5.5	Конструкции подземных этажей	47
5.6	Фундаменты	48

<b>РАЗДЕЛ 6. ПРОГРАММА СТРОИТЕЛЬСТВА</b>		
6.1	Исходные положения	60
6.2	Принятые нормы времени выполнения строительно-монтажных работ	60
6.3	Технология и порядок проведения работ	61
<b>РАЗДЕЛ 7. ЗАТРАТЫ НА СТРОИТЕЛЬСТВО</b>		
7.1	Принятая методика ценообразования	68
7.2	Рыночные условия	68
7.3	Стоимость основных подготовительных работ	68
7.4	Экономия, достигаемая сокращением продолжительности строительства	69
7.4.1	Снижение стоимости заемных средств	69
7.4.2	Быстрая окупаемость	69
7.4.3	Сокращение административных расходов	69
7.5	Вариант каркаса с применением стальных конструкций	69
7.6	Железобетонный каркас	71
7.7	Неконструктивные элементы	72
7.8	Принятая структура стоимости здания	72
7.9	Сравнение стоимости альтернативных конструктивных решений	72
7.10	Заключение	73
<b>ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b>		76





# РАЗДЕЛ 1

## ВВЕДЕНИЕ

Назначение настоящей публикации – представить подробный сравнительный анализ затрат на возведение коммерческих зданий в условиях крупных деловых центров Украины и показать, как выбор конструктивной схемы и материала каркаса влияет на общую стоимость и длительность строительства.

Коммерческие здания в центральной части города, если это позволяют градостроительные нормы и регулирующие органы, обычно возводятся с повышенной этажностью – 10-12 и более этажей. Это объясняется, прежде всего, высокой стоимостью земли, а также стесненными условиями строительства. Ограниченные участки застройки и современные требования обуславливают в таких зданиях обязательное наличие подземного или надземного паркинга для автотранспорта.

При выборе архитектурной формы и планировочных решений на предпроектной стадии должны учитываться многие факторы, формирующие основной критерий – инвестиционную ценность и привлекательность для потенциального клиента. Такую ценность в офисных зданиях можно, в частности, максимизировать путем использования современных решений с безопасными большепролетными перекрытиями по концепции open space. Открытость пространства повышает его эффективное использование для перемещения людей, гибкость планировки при организации рабочих мест, а также облегчает интеграцию инженерных сетей здания.

Надземный несущий каркас здания обычно составляет только небольшую долю в общей стоимости здания в деле, но его конструктивное решение в значительной степени определяет стоимость других элементов – фундаментов, инженерных сетей и архитектурной оболочки. Таким образом, проект ультрасовременного офисного здания должен представлять собой синергетический синтез архитектурных, конструктивных, инженерных, логистических и организационных решений. Подобный синтез необходим для того, чтобы конечный продукт – здание – максимально соответствовал требованиям потенциальных клиентов к его качественным параметрам, уровню обслуживания и эксплуатационным характеристикам.

## 1.1 Принятая методология

В качестве объекта аналитического исследования была принята концепция престижного многоэтажного здания (рис. 1.1), которое планируется расположить в центральной деловой части Киева (рис. 1.2).

По своим параметрам здание должно соответствовать офисному комплексу класса «А», согласно требованиям классификации Американской торгово-промышленной палаты.

Целью данной работы является сравнение эффективности и экономической целесообразности применения стальных и железобетонных конструкций в основном несущем каркасе объекта исследования. Кроме этого, в работе было учтено влияние применяемых несущих конструкций каркаса на другие элементы здания – фундаменты, облицовку, инженерные сети и т.п., которые, в свою очередь, могут составлять значительную долю общей стоимости строительства. Анализ также включает предварительный расчет длительности возведения здания по укрупненным показателям для каждой из конструктивных схем.

Проведенное сравнение охватывает как стоимостные параметры конструктивных решений, так и их оценку по критериям качества. Для вычисления стоимости строительства была применена укрупненная методология, принятая в инвестиционных агентствах для оценки тендерных предложений, наиболее приближенная к реальному рынку.

Архитектурно-планировочные решения и внешний облик здания, а также его принципиальные конструктивные схемы были разработаны Киевским национальным университетом строительства и архитектуры. Техническое задание при этом было разработано и утверждено с участием компании DTZ (Киев), консультантов по коммерческой недвижимости и других участников проекта. Требуемые параметры здания максимально соответствуют принятым стандартам в офисном сегменте, которые обусловлены действующими нормами и требованиями потенциальных целевых потребителей. Архитектурный стиль здания был принят – contemporary urban.

Рассматриваемые в работе конструктивные схемы были разработаны на основе мирового опыта и передовых технологий строительства, используемые для возведения современных многоэтажных коммерческих зданий в настоящее время. Были разработаны два основных альтернативных решения конструктивной формы здания:

- а) Стальной каркас с железобетонными перекрытиями по профилированному настилу.
- б) Монолитный железобетонный каркас с балочными и безбалочными перекрытиями.

На основе обоих вариантов были также сформированы и проанализированы подварианты конструктивных решений: с коротким – 7,5 м и длинным – 15 м пролетом основных несущих конструкций перекрытий между ядром жесткости и внешними колоннами.

Решения с применением стального каркаса были разработаны Укринсталкон им. В.Н. Шимановского. Конструктивные схемы с использованием монолитного железобетона, а также ядра жесткости и подземные уровни паркингов, фундаменты для всех вариантов были разработаны компанией «Основа-Солсиф». Модель определения продолжительности строительства и методика экономического сравнения вариантов были раз-



Рисунок 1.1 Визуализация архитектурного облика объекта исследования  
(архитекторы - А.Хмельницкая, А.Билык)

работаны компанией Thomas&Adamson. Поскольку при неизменяемой геометрии и архитектурном облике вариантов зданий с различным типом несущих систем состав, объемы и продолжительность многих работ практически одинаковы, настоящее исследование было в основном сосредоточено на различиях, которые дает изменение применяемой конструктивной схемы основного надземного каркаса.

Расценки для проведения исследования были получены рыночным методом по состоянию на первый квартал 2013 г. Отдельные позиции цен были взяты по данным проведенных ранее тендеров на строительство зданий-аналогов, а также исходя из информации, полученной от субподрядчиков и поставщиков.

Стоимость основных несущих конструкций каркаса здания рассчитана по статьям расходов, исходя из реальных сечений и параметров, полученных в результате расчетов и разработки проекта. Стоимость второстепенных и ограждающих элементов получена на основе удельных расценок, которые включают в себя затраты на материалы, оплату труда и учитывают место элементов в системе конструктивной и архитектурной формы здания. Затраты подготовительного периода строительства и прочие расходы рассчитаны отдельно, исходя из обобщенного опыта инвестирования.

## 1.2 Структура настоящего документа

Структура настоящей итоговой публикации выстроена в ракурсе стадийности проведенного исследования. Информация относительно архитектурно-планировочных решений и другие характеристики здания, не связанные непосредственно с его несущим каркасом, представлены в Разделе 2. Раздел 3 содержит критерии выбора кон-

структивной формы, типы рассматриваемых основных несущих элементов, а также параметры проекта, принимаемые одинаковыми для всех вариантов. В Разделе 4 детально проанализированы все особенности рассматриваемых альтернатив и решения по расположению инженерных сетей в габарите перекрытий для каждой системы.

Характеристики разработанных конструктивных схем показаны в Разделе 5. Выборочно, по каждой схеме приведены маркировочные планы и ведомости несущих элементов с параметрами их сечений. Также в Разделе 5 представлены конструктивные решения ядра жесткости, фундаментов и подземных этажей здания.

### 1.3 Результаты проекта

Использованная в настоящей работе модель экономической оценки вариантов включала в себя себестоимость строительства, а также затраты на подготовительные работы и непредвиденные расходы, кроме отчислений по налогам. Проведенный анализ показал, что без учета экономии денежных средств, связанной с сокращением сроков строительства, наименьшая общая сметная стоимость строительства при коротких пролетах достигается для железобетонного каркаса с безбалочными плитными перекрытиями – 9 041 грн/м<sup>2</sup> против варианта с применением стальных конструкций – 9 229 грн/м<sup>2</sup>. Это соответствует реально сложившейся ситуации на рынке недвижимости Украины при принятии решений без учета временных и эксплуатационных факторов. При длинных пролетах конструктивной схемы стальной каркас имеет стоимость 9 351 грн/м<sup>2</sup>, в то время как затраты на аналогичный вариант, выполненный в монолитном железобетоне, существенно выше – 9 531 грн/м<sup>2</sup>.

Таким образом, стоимость различных вариантов решений превышает стоимость наименее затратного решения соответственно на +2,07 %, +3,43 % и +5,22 %. Кроме того, длиннопролетный каркас с применением стальных элементов имеет значительно сокращенную – до 20 % – продолжительность возведения. При расчете себестоимости с учетом экономии денежных средств, связанной с сокращением сроков строительства одних вариантов здания относительно других, была принята рыночная годовая ставка кредитования в 15 %. Самая низкая стоимость при такой модели расчета – 8 949 грн/м<sup>2</sup> – достигается для варианта здания, в котором используется стальной каркас с короткопролетной сеткой 7,5х7,5 м. Несколько дороже стальной каркас с вариантом сетки колонн 15х7,5 м (9 013 грн/м<sup>2</sup>) и железобетонный каркас при короткопролетной схеме (9 041 грн/м<sup>2</sup>). Длиннопролетная схема железобетонного каркаса имеет намного более значительную стоимость – 9 513 грн/м<sup>2</sup>. Различия в стоимости решений по сравнению с наименее затратным вариантом (стальной каркас с короткими пролетами) составляет соответственно: 0,7 %, для такого же решения с длинными пролетами, 1,0 % – для железобетонного каркаса с короткими пролетами и 6,3 % – с длинными. Таким образом, альтернативы с применением сетки 15х7,5 м в стальном каркасе являются более конкурентоспособными по сравнению с аналогичными решениями в монолитных железобетонных конструкциях, а также привлекательнее для потенциального клиента благодаря большей полезной площади, значительной гибкости в использовании функционального пространства и другим преимуществам.

Кроме вышеуказанных результатов, анализ затрат показал, что значительную роль в ценообразовании стальных конструкций составляет противопожарная защита. В частности, при стандартной сетке колонн с ячейкой 7,5х7,5 м она составляет 58 % себестоимости каркаса и 48 % – при разреженной. Это обусловлено как, собственно, высокой стоимостью пассивной огнезащиты в Украине, так и существующими высокими нормативными требованиями к огнестойкости конструкций. В дальнейшем, при проведении соответствующих исследований и изменений сложившейся ситуации, как на рынке, так и в нормативном поле, следует ожидать снижения удельного показателя огнезащиты в стоимости металлических конструкций. Взвешенный системный подход к огнестойкости позволит также впоследствии улучшить экономические показатели каркасов с применением стальных конструкций путем:

- Включения металлического профилированного настила в совместную работу с плитами перекрытия.
- Проектирования зданий с применением Еврокода 3 (вводится в действие на территории Украины с 01.07.2014 г.) и последующего использования методик определения дифференцированной критической температуры элементов, что позволит снизить стоимость огнезащиты на 20-30 % (3-4,5 % стоимости всего проекта).

Проведенное исследование продемонстрировало целесообразность и необходимость комплексного подхода к расчетам стоимости строительства. Это наглядно иллюстрирует сравнение вариантов конструктивной схемы с длинными пролетами, где более высокая стоимость стального каркаса компенсируется низкой стоимостью ограждающих конструкций и фундаментов, что приводит к экономии 2 % себестоимости «в деле» либо к 6 % экономии при учете временных факторов. Другие преимущества, обусловленные более быстрыми темпами строительства, – это ускорение возврата инвестиций, уменьшение издержек на управление проектом, содержание строительного участка и на выплаты зарплатного фонда. Скорое завершение строительно-монтажных работ повышает защиту от инфляции и снижает риски процесса строительства благодаря установке ограждающих конструкций здания на раннем этапе.

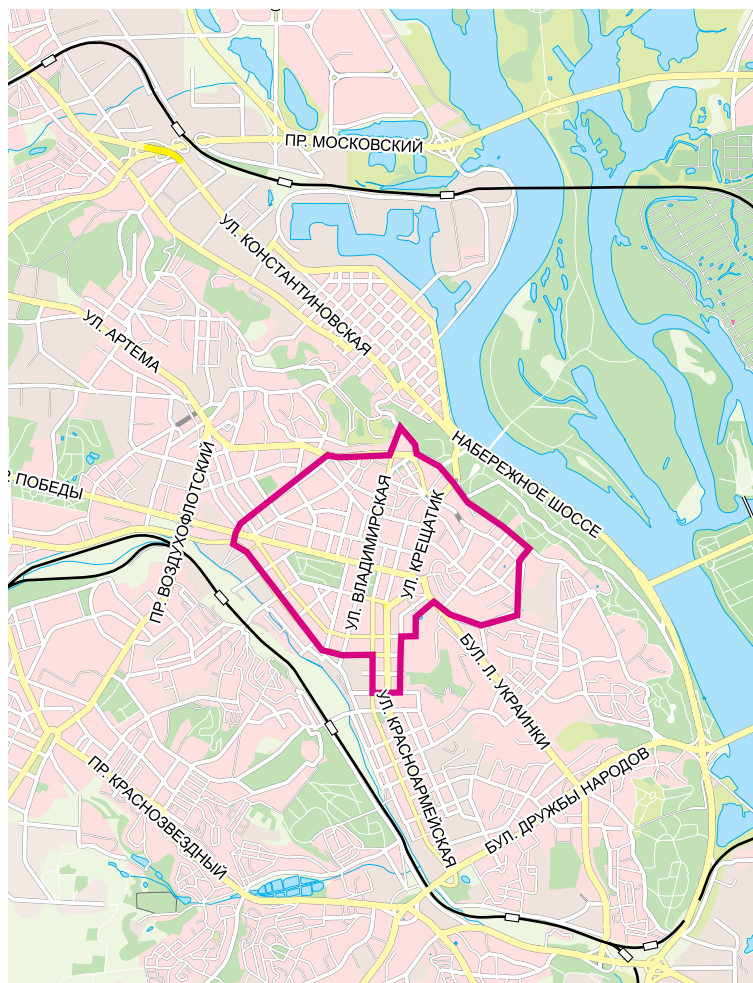


Рисунок 1.2 Центральный деловой район г. Киева

Мы не учитывали потенциальные возможности для минимизации затрат на стальной каркас путем применения высокопрочных марок стали С440 (аналогом которой является марка стали S460M/ML по ДСТУ EN 10025:4-2007, производимая группой Метинвест). В случае применения высокопрочных марок стали в сжатых колоннах и других растянутых элементах (например, основных балках для длиннопролетной схемы), это позволило бы снизить металлоемкость и стоимость несущего стального каркаса на 10-15 % по сравнению с традиционными решениями (стали класса С235, С345).

Основным фактором, обуславливающим выбор стальных конструкций в качестве конструктивной схемы, является более ранний ввод в эксплуатацию здания. Это позволяет генерировать для собственника дополнительный денежный поток в размере арендуемой площади здания и действующих ставок аренды на офисные здания класса «А» (для моделирования принята консервативная ставка 25 долл. США без НДС и эксплуатационных расходов). В нашей модели ввод в эксплуатацию здания со стальным каркасом осуществляется на 20 недель раньше (короткопролетная схема), что позволяет сгенерировать дополнительный денежный поток в размере 4,6 млн долл. США. Это эквивалентно 9,3% стоимости всего здания (46,8 млн долл. США, для действующего курса 1USD=8,0UAH).



**РАЗДЕЛ 2**  
**АРХИТЕКТУРНАЯ**  
**И КОНСТРУКТИВНАЯ**  
**ФОРМА ЗДАНИЯ**

## 2.1 Общие данные, местоположение и концепция здания

Предметом настоящего исследования принято здание, планируемое к возведению в центральной деловой части Киева. Здание состоит из 19-ти надземных этажей. Согласно международной практике, нижний этаж в отметке земли обозначен как нулевой уровень, а кровля – как уровень 19. Также в здании предусмотрен двухуровневый подземный паркинг. На нижнем этаже расположены вестибюль, рецепция, охрана, офисы по обслуживанию здания, подсобные помещения и инженерные сети, бар-ресторан и туалеты, а также элементы инфраструктуры. Офисные помещения располагаются на 1-8 и 10-18 этажах. Девятый этаж используется как технический для размещения вспомогательного оборудования и разводки инженерных сетей. Общая площадь здания при первоначальном варианте архитектурной планировки, который соответствует колоннам 400 мм, составляет 41 993 м<sup>2</sup>, а полезная площадь – 38 634 м<sup>2</sup>.

Архитектурно-планировочное решение здания дает возможность организации 2 528 основных рабочих мест на офисных этажах и 156 парковочных мест на двух уровнях подземного паркинга. Общая площадь типового этажа – 1 813 м<sup>2</sup>, а полезная площадь – 1 686 м<sup>2</sup>. Отношение полезной площади здания к общей составляет 0,92. Сдаваемая в аренду площадь типового этажа – 1 586 м<sup>2</sup>. В то же время необходимо обратить внимание, что на конечную эффективную площадь, сдаваемую в аренду, влияет размер сетки колонн и выбор конструктивного материала каркаса здания – сталь или монолитный железобетон. Это проиллюстрировано в табл. 2.1, где для различных схем, рассматриваемых в данном исследовании, приведена площадь типового этажа, возможная к сдаче в аренду.

Таблица 2.1 Влияние схемы каркаса и сетки колонн на сдаваемую в аренду площадь

Каркас и схема перекрытия	Арендуемая площадь типового этажа здания, м <sup>2</sup>
Стальной каркас, ячейка сетки колонн 7,5x7,5 м	1 584
Железобетонный каркас, ячейка сетки колонн 7,5x7,5 м	1 581
Стальной каркас, ячейка сетки колонн 7,5x15 м	1 586
Железобетонный каркас, ячейка сетки колонн 7,5x7,5 м	1 582

Таблица 2.1 наглядно демонстрирует, что между зданиями с длиннопролетным вариантом стального каркаса и вариантом железобетонного каркаса с короткими пролетами существует различие в 5 м<sup>2</sup> на один этаж, что дает общую разницу для здания в целом более 80 м<sup>2</sup>. Уменьшение количества и размеров сечения внутренних колонн в общем случае не только увеличивает полезную площадь, но и приносит больше возможностей в планировочной организации помещений при эксплуатации здания.

## 2.2 Архитектурная форма

Общие габариты пятна застройки в плане приняты в соответствии с техническим заданием с размерами в осях 45x60 м. На нулевом и первом этажах здания расположена стилобатная часть, выступающая на 7,5 м. Начиная со второго этажа и выше, размеры здания в плане составляют 37,5x45 м. Ограждающая оболочка здания выполнена преимущественно с применением стеклянных фасадных систем, а также навесных изолационных панелей заводского изготовления.

Общий архитектурный облик здания соответствует техническому заданию и современным направлениям развития урбанистической архитектуры в условиях плотной городской застройки (рис. 2.1).

Все варианты каркаса здания запроектированы с центральным железобетонным ядром жесткости, одинаковым по своему архитектурному решению. В нем предусмотрено размещение лифтов, лифтовых холлов, лестничных эвакуационных блоков с воздушными тамбур-шлюзами, шахт для вертикальной разводки инженерных сетей, а также санитарно-технических узлов. На типовых офисных этажах расстояние от ограждающей оболочки до ядра жесткости составляет 15 м – от переднего и заднего фасадов, и 11,925 м – от боковых фасадов. Полученный пролет перекрывается безопорной несущей конструкцией либо имеет промежуточные колонны, разделяющие его на два 7,5-метровых пролета, в зависимости от принятого конструктивного решения каркаса.

Высота этажа от отметки фальшпола до потолка на всех эксплуатируемых этажах составляет 2,9 м. Высота этажа на технических этажах составляет 2,5 м. Общий габарит этажей при этом меняется в зависимости от принятого состава конструкции перекрытия.





Рисунок 2.1 Визуализация архитектурного облика объекта исследования  
(архитекторы - А.Хмельницкая, А.Билык)

При разработке здания было учтено, чтобы отметка самого высокого этажа с возможным длительным нахождением людей составляла не более 73,5 м, подпадая под ДБН В.2.2-9-2009 «Общественные здания и сооружения» (ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будівлі та споруди»). Данная мера была предпринята, т.к. превышение высоты в 73,5 м приводит к ужесточению архитектурных, конструктивных и огнезащитных требований согласно ДБН В.2.2-24:2009 «Проектирование высотных жилых и общественных зданий» (ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будівель»).

В здании предусмотрена планировка по принципу открытого пространства open space, широко распространенная в мировом опыте организации офисных зданий рассматриваемого класса. Принцип открытого пространства позволяет размещать в здании офисные помещения различной конфигурации и легко реорганизовывать их под потребности конкретного арендатора. План типового офисного этажа представлен на рис. 2.2. На рис. 2.3 и 2.4 представлены планы нижнего этажа и подземного паркинга, а на рис. 2.5 – архитектурный разрез здания.

## 2.3 Требования, не связанные с конструктивной формой

### 2.3.1 Покрытие полов

В проекте были приняты следующие составы полов:

- а) В помещениях, предназначенных для размещения офисных площадей, используется фальшпол, организованный панелями высокой заводской готовности размерами 600x600 мм с ковровым покрытием на ПВХ основе. Панели укладываются на регулярную систему стальных направляющих с резиновыми прокладками для звуко- и виброизоляции. Общая высота конструкции фальшпола составляет 150 мм.

- б) В зонах расположения технологического оборудования предусмотрен наливной пол на эпоксидной основе, обустроенный по верху железобетонной плиты перекрытия.
- в) В месте входной группы и зоне рецепции предусмотрены плиты из натурального мрамора на цементно-песчаном растворе.
- г) В лифтовых холлах предусмотрены плиты из натурального гранита на цементно-песчаном растворе.
- д) В подсобных помещениях, санитарных узлах, лестницах, ресторанах и коридорах используется керамическая плитка на цементно-песчаном растворе.
- е) В зонах размещения паркинга предусмотрено специальное покрытие с топингом и разметкой.

### 2.3.2 Междуэтажные лестницы

Лестницы в проекте приняты из монолитного железобетона со стальными парапетными ограждениями и перилами.

### 2.3.3 Подвесной потолок

Для офисных и других помещений с необходимостью пропуска и сокрытия коммуникаций в пространстве под перекрытием используется подвесной потолок регулярной модульной системы типа «Армстронг» со скрытыми направляющими. Для помещений без необходимости пропуска коммуникаций используется подшивной потолок из гипсокартона, нижняя поверхность которого покрывается эмульсионной краской. Для отдельного доступа в подпотолочное пространство при этом используются технологические съемные панели.

### 2.3.4 Внутренние стены, перегородки и двери

В здании предусмотрена концепция максимально открытой планировки. Поэтому перегородки в офисных помещениях устанавливаются арендатором в зависимости от принятой им организации рабочего пространства. Возводимые при строительстве внутренние перегородки выполняются с применением алюминиевых систем и стекла, а при необходимости светонепроницаемости либо при иных требованиях – из кирпичной кладки, которая оштукатуривается и подлечит отделке.

Внутренние одинарные и двойные двери в железобетонных и кирпичных стенах предусмотрены с фрамугами из твердой древесины с облицовкой шпоном и сплошным теплозвукоизоляционным заполнением. Фурнитура принята из нержавеющей стали. В стеклянных перегородках предусмотрены двери с алюминиевой фурнитурой.

### 2.3.5 Санитарно-технические узлы и управление отходами

Мужские и женские уборные со стандартным санитарно-техническим оборудованием, в т.ч. для людей с ограниченными физическими возможностями, размещаются в зоне центрального ядра жесткости на каждом этаже. Также в центральном ядре располагаются стояки водоснабжения и водоотведения. Мусор собирается отдельно в специальные емкости и транспортируется пристроенным лифтом в аккумулирующее помещение на первом этаже, после чего подлежит вывозу.

### 2.3.6 Внешние стены и двери

Внешние стены представляют собой преимущественно фасадные модульные системы с алюминиевым каркасом и двойными стеклянными блоками. Сплошные внешние стены выполнены ограждающими навесными панелями. Также в части фасада используются внешние стационарные алюминиевые жалюзи, отсекающие излишний световой поток. Входная группа имеет автоматизированные вращающиеся двери. В здании также предусмотрены две обычные двойные двери и 12 двойных противопожарных дверей.

### 2.3.7 Ядро жесткости

Размер центрального железобетонного ядра жесткости принят 7,750x21,150 м, с толщиной стен 250 и 400 мм как для стального, так и для железобетонного варианта каркаса. В ядре жесткости размещается одна из эвакуационных лестниц, лифты, санитарные узлы и зоны для размещения вертикальных инженерных сетей и технологического оборудования. Также, исходя из противопожарных требований, к зданию пристроен блок размером 7,50x7,50 м, расположенный в углу заднего фасада здания. В нем размещается эвакуационная лестница с натуральным освещением, лифт для транспортировки пожарных подразделений в случае аварийной ситуации и тамбур-шлюз (рис. 2.2). Пристроенный блок выполняется из железобетона и также выступает как ядро, улучшая общую жесткость здания.

### 2.3.8 Кровля

Кровля по всей площади предусмотрена из металлического профилированного настила, по которому обустроивается паро-, гидро- и теплоизоляция, а также покрытие из высококачественного рубероида. По всему периметру кровли обустроивается металлическое ограждение.

### 2.3.9 Отопление и кондиционирование воздуха

Здание оснащается централизованными системами отопления и кондиционирования, принудительной приточно-вытяжной вентиляции в соответствии с действующими нормативами и принятыми стандартами для офисных зданий класса «А». Для каждого отдельного арендатора имеются терморегуляторы и разводка приточно-вентиляционной системы, которая обеспечивает на офисное помещение не менее четырех смен воздуха в час. Проектом предусмотрено 10 м<sup>2</sup> офисной площади на одного человека, смена свежего воздуха происходит по схеме 12 л/с на человека.

### 2.3.10 Инженерные сети

Основные инженерные сети проходят в стволе центрального ядра жесткости, где расположен холл с пассажирскими лифтами, один из двух пожарных лифтов, а также огнезащищенные тамбур-шлюзы, лестницы и санитарно-технические узлы. Коммуникации проходят через две вертикальные шахты ядра, которые имеют также помещения для обслуживания.

В здании предусмотрен технический этаж для размещения вспомогательного технологического оборудования, емкостей системы спринклерного пожаротушения, уборочного инвентаря и эксплуатирующего персонала.

### 2.3.11 Разводка коммуникаций в зоне перекрытий

Вентиляционные каналы располагаются либо в габарите строительной высоты перекрытия, где это позволяет принятое конструктивное решение, либо ниже несущих конструкций. Максимальный диаметр распределительных воздухопроводов составляет 400 мм. При расположении ниже несущих конструкций используются вентиляционные каналы прямоугольного сечения с высотой 205 мм. Приборы вентиляции и кондиционирования размещаются в подпотолочном и безбалочном пространстве перекрытий. Также в подпотолочном пространстве перекрытий располагаются системы освещения и подвесные системы типа «Армстронг», для чего во всех схемах предусмотрен зазор 150 мм.

Электросистемы, линии связи и пересылки данных в офисных этажах имеют разводку в уровне фальшпола.

### 2.3.12 Противопожарная безопасность

Проектируемое здание имеет первую степень огнестойкости. Для конструктивных схем, в которых высота от максимального уровня заезда пожарной машины до самого верхнего постоянно эксплуатируемого перекрытия превышает 47 м, но не более 73,5 м, требуемые классы огнестойкости принимают в соответствии с ДБН В.2.2-9:2009. Для колонн и ядра жесткости они составляют R/REI 150, а для перекрытий – REI 60. В случае, если самый верхний эксплуатируемый этаж располагается на отметке более 73,5 м, требуемый класс огнестойкости согласно ДБН В.2.2-24:2009 составляет для колонн и ядра жесткости R/REI 180, а также REI 120 для балок и плит перекрытий. В связи с этим высота до отметки самого верхнего эксплуатируемого этажа здания была принята менее 73,5 м, что позволяет применить для стальных колонн огнеупорную штукатурку, а для перекрытий – покрасочную интумесцентную огнезащиту. В железобетонных конструкциях каркаса огнезащитные мероприятия каркаса обеспечиваются толщиной защитного слоя бетона.

В соответствии с требованиями нормативных документов, в здании предусмотрены два лестничных блока с железобетонным стволом со степенью огнестойкости REI 180, системами подпора воздуха и дымоудаления. Один из блоков (тип Н4) расположен в центральном ядре жесткости здания и ведет к основному вестибюлю на первом этаже. Подпор воздуха создает избыточное давление в 40-50 Па, которое снижается до 20-30 Па в воздушных тамбур-шлюзах, ведущих к лестничным клеткам на каждом уровне. Для сбрасывания избыточного давления в объемах блоков типа Н4 и их тамбур-шлюзах предусмотрены аварийные клапаны.

Вторая лестничная клетка (тип Н1) расположена в специально пристроенном к фасаду блоке. Она обеспечивает эвакуацию из каждого надземного этажа непосредственно к выходу на первом этаже и имеет естественное освещение. Минимальная ширина лестницы принята согласно норм – 1,2 м, а расстояние между встречными маршами для пропуска, при необходимости, трубы гидранта – 0,12 м.

Максимальное расстояние до эвакуационного выхода на любом этаже здания не превышает 40 м, а максимальное расстояние до «тупикового» коридора – 10 м.

В здании принята спринклерная система пожаротушения с резервными емкостями воды, размещенными на техническом этаже. Кроме того, здание оснащено общей автоматической системой мониторинга и управления безопасностью, включающей датчики раннего оповещения о пожаре, аварийное освещение, табло и управляемые дренчерные завесы.

### 2.3.13 Вертикальный транспорт

Здание оснащено 6 лифтами, расположенными в центральном ядре жесткости, с вместимостью 13 человек каждый и скоростью движения 2,5 м/с. Один из шести лифтов предусмотрен для эксплуатации в аварийном режиме с целью транспортировки пожарных подразделений. Он расположен в лифтовой блоке центрального ядра, но помещен в огнестойкую шахту отдельно от основных пассажирских лифтов. Второй пожарный лифт расположен рядом с одним из задних углов здания и прилегает к лестничной клетке типа Н1, обеспечивая выход через отдельный холл и воздушный тамбур-шлюз за пределы здания. Два пожарных лифта также обеспечивают доступ с первого этажа к двум уровням подземного паркинга, т.к. согласно действующим нормам, пассажирские лифты не могут опускаться в подземный паркинг. Пристроенный к зданию лестнично-лифтовой блок также используется техническим персоналом для транспортировки материалов и отходов.

### 2.3.14 Электрические и телекоммуникационные сети

В здании предусмотрены источники электричества мощностью из расчета минимум 70 Вт/м<sup>2</sup> сдаваемой в аренду площади, отдельно от питания освещения и технологического оборудования. Электропитание обеспечивается двумя различными линиями электроснабжения с резервным дизельным генератором, расположенным на техническом этаже. Минимальный уровень освещенности в офисных помещениях должен составлять 500 люкс на 0,75 м<sup>2</sup> рабочей поверхности.

В здании предусмотрена также прокладка оптоволоконных линий для цифровой телефонной и Интернет связи минимум от двух независимых поставщиков.

### 2.3.15 Подземные этажи

На двух подземных этажах здания расположен паркинг на 76 машин на первом уровне и на 80 машин – на втором (при стальном варианте схемы каркаса). Также в подземных уровнях предусмотрены помещения для коммуникаций и сотрудников охраны. Доступ к подземным этажам обеспечивается двумя лифтами с нижнего этажа и двумя лестничными клетками. Учитывая наличие подземных этажей, в здании предусмотрена контурная система дренажа.

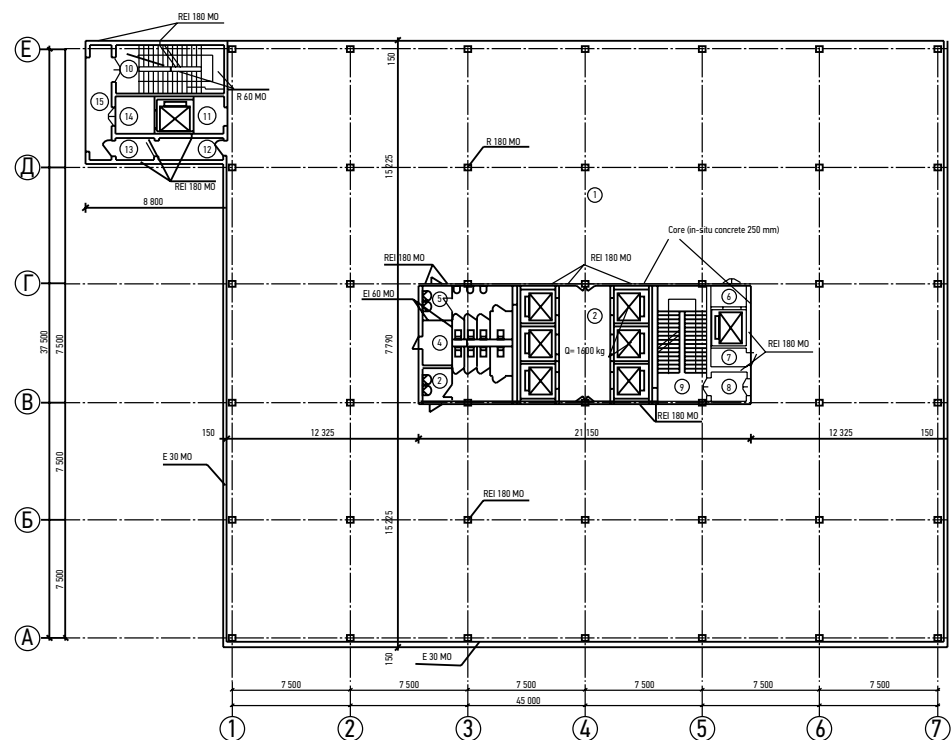


Рисунок 2.2 План типового этажа при короткопролетной схеме каркаса здания. Внутренние колонны по осям Б, В, Г и Д отсутствуют на длиннопролетной схеме

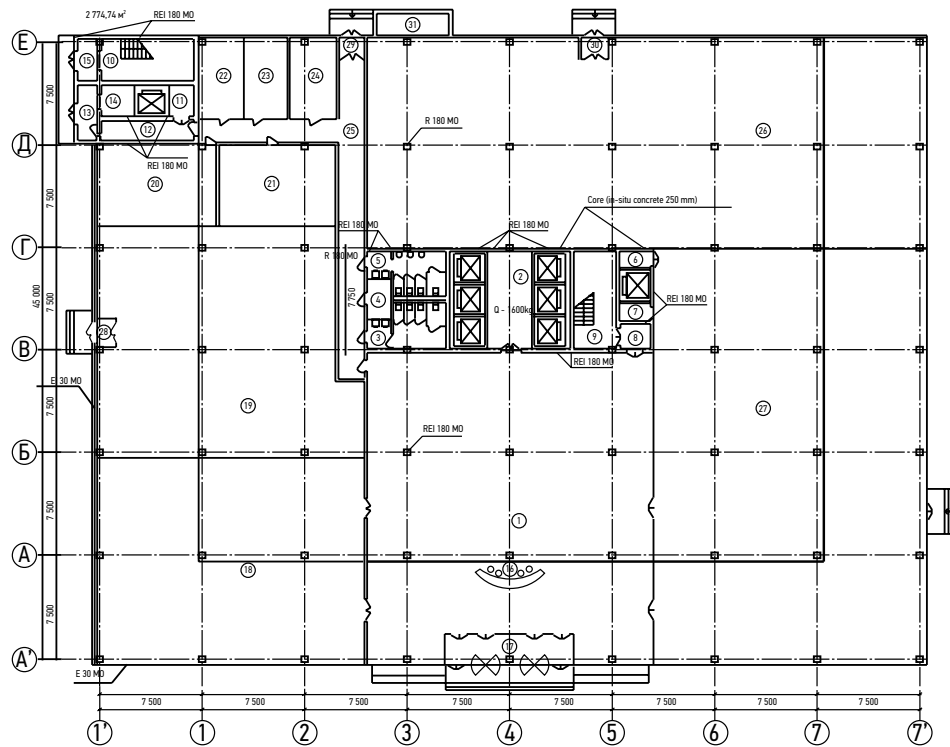


Рисунок 2.3 План нижнего этажа при короткопролетной схеме каркаса здания. Внутренние колонны по осям Б, В, Г и Д отсутствуют на длиннопролетной схеме (за исключением колонн на осях 1 и 7)

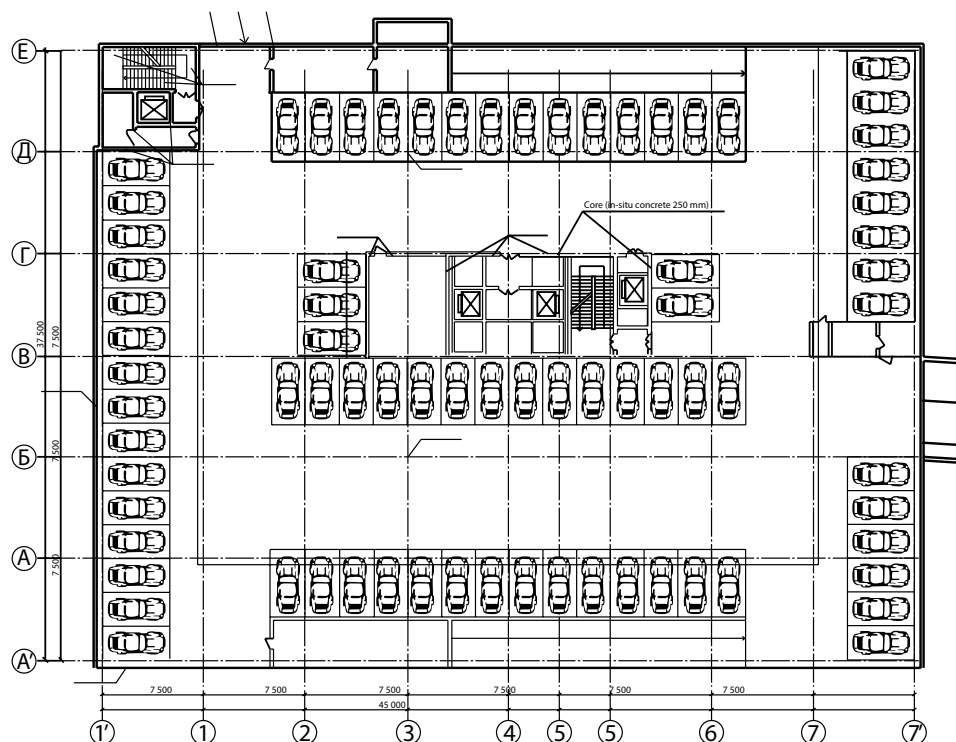


Рисунок 2.4 Первый подземный уровень паркинга при короткопролетной схеме каркаса здания. Внутренние колонны по осям Б, В, Г и Д отсутствуют на длиннопролетной схеме (за исключением колонн на осях 1 и 7)

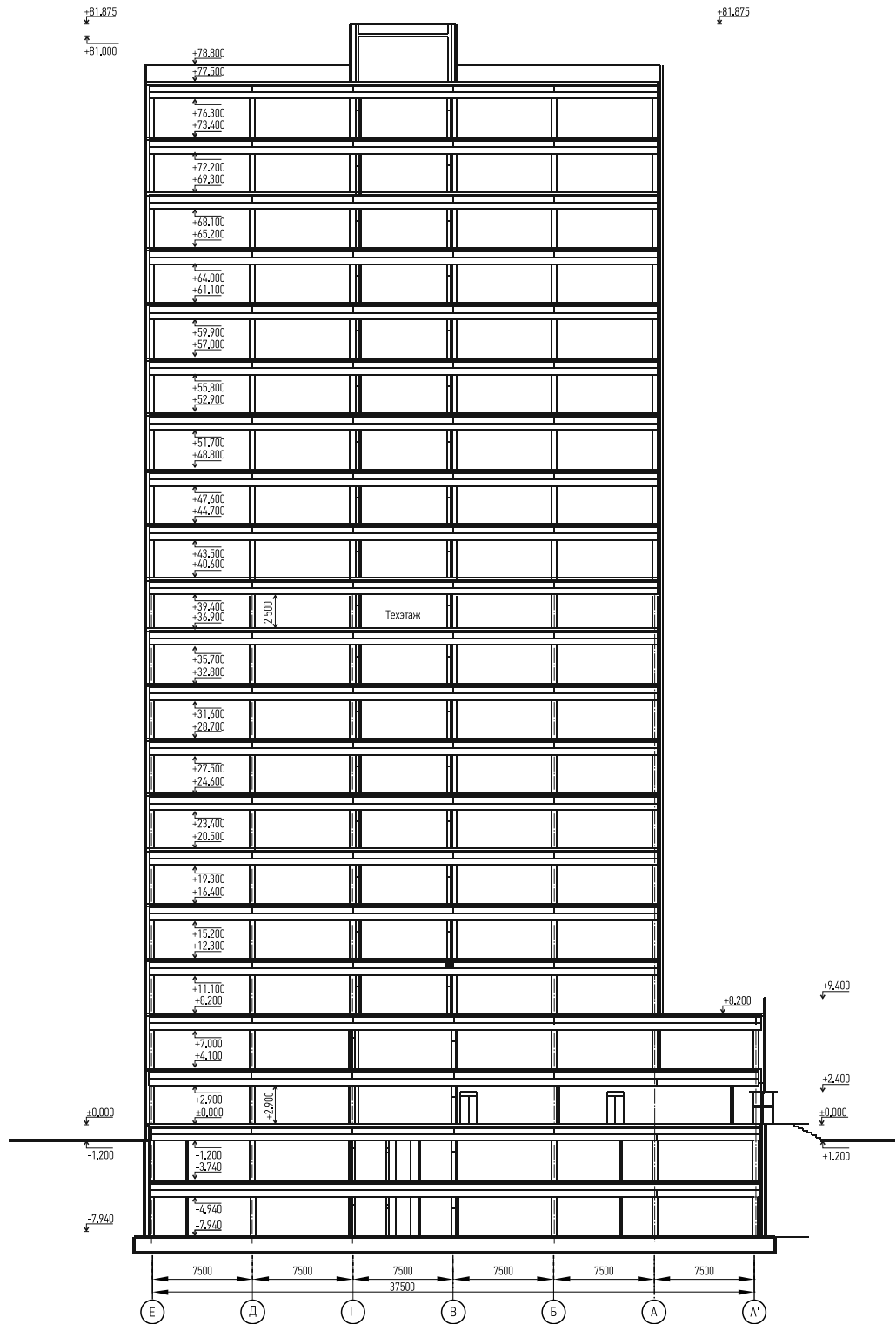


Рисунок 2.5 Поперечный разрез здания при короткопролетной схеме каркаса







**РАЗДЕЛ 3**  
**КРИТЕРИИ ВЫБОРА**  
**КОНСТРУКТИВНОЙ**  
**СХЕМЫ**

### 3.1 Нормативная база

Конструктивная схема зданий была разработана в соответствии со следующими основными действующими нормативными документами:

- ДБН В.2.6-163:2010 «Стальные конструкции» (ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції»).
- ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 «Бетонные и железобетонные конструкции» (ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції»).
- ДБН В.2.6-160:2010 «Сталебетонные конструкции» (ДБН В.2.6-160:2010 «Сталобетонні конструкції»).
- ДБН В.1.2-14:2009 «Основы надежности» (ДБН В.1.2-14:2009 «Основи надійності»).
- ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия» (ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи»).
- ДСТУ Б.В.1.2-3:2006 «Прогибы и перемещения» (ДСТУ Б.В.1.2-3:2006 «Прогини та переміщення»).
- ДБН В.2.2-9:2009 «Гражданские здания и сооружения» (ДБН В.2.2-9:2009 «Громадські будівлі і споруди»).
- ДБН В.2.2-24:2009 «Проектирование высотных жилых и общественных зданий» (ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків»).

### 3.2 Частичные коэффициенты надежности

Частичные коэффициенты надежности, используемые при расчете, зависят от архитектурных и конструктивных параметров здания, его назначения и функций конструктивных элементов в системе каркаса.

Класс последствий здания согласно техническому заданию и ДБН В.1.2-14:2009 был принят СС3. Это связано с возможными рисками и экономическими убытками, которые могут вызвать разрушение или повреждение рассматриваемого многоэтажного офисного здания.

Все несущие конструкции, формирующие основной каркас здания, приняты наивысшей категории ответственности А. Соответственно, коэффициент надежности по назначению при расчетах по первому предельному состоянию для них составляет  $\gamma_n = 1,25$  и  $\gamma_n = 1,0$  – при расчетах по второму предельному состоянию (табл. 3.1). Конструкции второстепенных балок и настила приняты категории ответственности В.

Коэффициент надежности по условиям работы принят  $\gamma_c = 0,95$  для колонн и  $\gamma_c = 1,0$  – для всех иных конструктивных элементов здания.

Таблица 3.1 Частичные коэффициенты надежности по ответственности в соответствии с ДБН В.1.2-14:2009

Класс последствий	Категория ответственности	К-т надежности $\gamma_n$	
		Первая группа предельных состояний	Вторая группа предельных состояний
СС3	А	1,250	1,000
	В	1,200	
	С	1,150	

Проектный срок эксплуатации здания был принят 100 лет в соответствии с техническим заданием и ДБН В.1.2-14:2009. Частичные коэффициенты надежности для ветровой нагрузки в таком случае составляют  $\gamma_{fm} = 1,14$  – для первой группы предельных состояний и  $\gamma_{fe} = 0,21$  – для второй группы предельных состояний. Соответствующие коэффициенты надежности для снеговой нагрузки –  $\gamma_{fm} = 1,14$  для первой группы предельных состояний и  $\gamma_{fe} = 0,49$  для второй группы предельных состояний.

Коэффициенты надежности для постоянной нагрузки приняты диверсифицировано в зависимости от применяемого материала и способа его обустройства в составе покрытия или перекрытия. Коэффициент надежности по предельной расчетной нагрузке для полезных нагрузок принят 1,2. Для полезных нагрузок, кроме всего прочего, учтены коэффициенты сочетания  $\Psi_A$  и  $\Psi_n$  в зависимости от типа расчета, грузовой площади, назначения помещений и этажности здания.

### 3.3 Нагрузки

Предельные и эксплуатационные расчетные нагрузки были приняты согласно техническому заданию и действующему ДБН В.1.2-2:2006. При этом учитывались все принятые геометрические, архитектурные и конструктивные параметры здания, а также соответствующие коэффициенты надежности, касающиеся как нагрузок, так и качественных характеристик объекта в целом.

#### 3.3.1 Нагрузки на перекрытия, кровлю и стены

Поскольку расчет выполнялся на стадии вариантного проектирования, для стального и железобетонного решений каркаса были приняты значения нагрузок, унифицированные в сторону увеличения. Были предусмотрены следующие виды нагрузок:

- Собственный вес конструкций, различный для железобетонного и стального каркаса.
- Вес конструкции полов и перегородок (в случае наличия) составляют для офисных этажей приведенную эксплуатационную нагрузку  $3,44 \text{ кН/м}^2$  и предельную расчетную  $3,78 \text{ кН/м}^2$ , для других этажей –  $3,94 \text{ кН/м}^2$  и  $4,5 \text{ кН/м}^2$  соответственно.
- Характеристическая полезная нагрузка на перекрытия типовых офисных этажей принята  $4,0 \text{ кН/м}^2$ ,  $3,5 \text{ кН/м}^2$  – для зоны паркинга и  $6,0 \text{ кН/м}^2$  – для технического этажа.
- Постоянная характеристическая нагрузка для конструкций кровли принята  $1,5 \text{ кН/м}^2$ . Кровля принята как неэксплуатируемая.
- Характеристическое значение нагрузки от фасадной системы либо навесных панелей принято  $5 \text{ кН/погонный метр}$ .

#### 3.3.2 Снеговые нагрузки

Характеристическая снеговая нагрузка для г. Киева составляет  $S_0 = 1,55 \text{ кН/м}^2$  для среднего периода повторяемости 50 лет. Форма кровли принята плоской со сквозной парапетной частью, что препятствует образованию снеговых мешков.

#### 3.3.3 Сейсмические нагрузки

Поскольку высота здания превышает 50 м, сейсмические нагрузки для г. Киева рассчитаны исходя из землетрясения силой 6 баллов по шкале MSK-64 в соответствии с ДБН В.1.1-12:2006. При расчете использован спектральный метод. Величина относительного ускорения принята  $a_0 = 0,05$ , а коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения элементов здания,  $k_1 = 0,25$ .

#### 3.3.4 Ветровые нагрузки

Ветровые нагрузки рассчитаны в соответствии с ДБН В.1.2-2:2006. Для г. Киева характеристическое значение ветрового давления на высоте 10 м над поверхностью земли, которое может быть превышено в среднем один раз в 50 лет, составляет  $W_0 = 0,37 \text{ кН/м}^2$ .

Принято, что проектируемое здание расположено в IV типе ветровой местности, предполагающем плотную окружающую застройку. На этапе сравнения вариантов в запас предварительно принято, что период собственных колебаний каркаса превышает 0,25 сек.

При определении эксплуатационной и расчетной ветровой нагрузки также было учтено изменение давления на высоте, аэродинамическая форма здания и его размеры.

#### 3.3.5 Сочетание нагрузок

Сочетания нагрузок рассчитаны в соответствии с ДБН В.1.2 2:2006. Малая вероятность одновременной реализации расчетных значений нескольких нагрузок учтена умножением их значений, которые вошли в сочетание, на коэффициент сочетания  $\Psi \leq 1$ .

Для основных сочетаний, включающих постоянные и не менее двух переменных нагрузок, последние принимаются с коэффициентом сочетания  $\Psi_1 = 0,95$  для длительно действующих нагрузок и  $\Psi_2 = 0,90$  для короткодействующих нагрузок.

Для полезных нагрузок, кроме всего прочего, учтены коэффициенты сочетания  $\Psi_A$  и  $\Psi_n$  в зависимости от типа расчета, грузовой площади, назначения помещений и этажности здания.

## 3.4 Ограничения по второму предельному состоянию

### 3.4.1 Максимальное горизонтальное перемещение

- Предельные горизонтальные деформации при ветровой нагрузке были приняты  $\Delta h \leq 1/500$  от высоты колонны в пределах этажа либо от высоты здания согласно ДСТУ Б.В.1.2-3:2006.
- При сейсмических нагрузках прогиб колонн/зданий ограничен  $\Delta h \leq H/250$  для железобетонного каркаса и  $\Delta h \leq \text{высота}/150$  для стального решения.

### 3.4.2 Вертикальные прогибы несущих элементов

Предельные прогибы для плит и балок перекрытий независимо от конструктивного материала каркаса приняты следующие:

- $\Delta v \leq 1/250$  от пролета при его величине более 6 м.
- $\Delta v \leq 1/200$  от пролета при его величине менее 6 м.

От их пролета:

- $\Delta v \leq 1/500$  от пролета.

### 3.4.3 Собственная частота колебаний

Согласно техническому заданию и европейским стандартам, минимальная собственная частота колебаний несущих конструкций перекрытий при расчете была установлена 4 Гц.

### 3.4.4 Строительная высота и общий габарит перекрытий

Строительная высота и общий габарит перекрытий определяются отдельно для каждой схемы перекрытия. При пропуске коммуникаций в одном уровне с несущими конструкциями (что возможно только для варианта каркаса здания с применением стальных конструкций), суммарный габарит рассчитывается как сумма величин: 150 мм фальш-пол + толщина плиты согласно расчету + высота основных несущих элементов + 150 мм для размещения систем подвесного потолка, освещения, огнезащитного покрытия и зазора для обеспечения возможности прогибов и допусков. В случае, когда коммуникации проходят ниже уровня несущих конструкций, сумма составляет: 150 мм фальшпол + толщина плиты согласно расчету + основные несущие элементы + 400 мм для прокладки инженерных сетей и коммуникаций + 150 мм для размещения систем подвесного потолка, освещения, огнезащитного покрытия и зазора для обеспечения возможности прогибов.

## 3.5 Требования к огнестойкости

Требования к огнестойкости, учтенные в рассматриваемом проекте, приведены в табл. 3.2 (раздел 2.3.14) и соответствуют ДБН В.1.1.7-2002 и ДБН В.2.2-9-2009.

Таблица 3.2 Требования к огнестойкости основных несущих конструкций (здание класса 1)

Высота до верхнего этажа	Элемент	Требование
< 73,5м	Колонна	R 150
	Ядро жесткости	REI 150
	Перекрытие	REI 60
> 73,5м	Колонна	R 180
	Ядро жесткости	REI 180
	Перекрытие	REI 180

Огнестойкость открытых стальных конструктивных элементов достигается с помощью использования сухой штукатурки (типа ENDOTERM 210104) для колонн и вспучивающейся краски (типа ENDOTERM 400202) для балок перекрытий. Кроме того, здание оснащается автоматическими спринклерными системами пожаротушения, для которых предусмотрены резервные емкости с водой на техническом этаже. Также в здании предусмотрена организация автоматизированной системы мониторинга и управления, призванная своевременно выявить пожарную опасность и обеспечить оперативное реагирование. Противопожарным вертикальным разрывом в здании выступает технический этаж. Согласно конечному проекту, в здании также устанавливают дренчерные завесы и иные средства отсека огня.

### 3.6 Принятые грунтовые условия

Поскольку проводимое исследование не привязано к конкретному участку строительства, при его расчете были приняты грунтовые условия, наиболее характерные для центральной части г. Киева в районе Хрещатицкой балки (рис. 1.2).

Основание под зданием характеризуется залеганием следующих типов грунтов:

- 1 - Насыпной грунт, суглинок тяжелый пылеватый, буровато-серый, полутвердой консистенции.
- 2 - Песок мелкий, серовато-желтый, с прослойками супеси, средней плотности, насыщенный водой.
- 3 - Супесь песчаная, желтовато-серая, пластической консистенции.
- 4 - Суглинок легкий песчаный, буровато-желтый, тугопластической консистенции.

Характеристики основы при этом были получены из данных ранее проведенных инженерно-геологических изысканий в 2012 г. (табл. 3.3).

Таблица 3.3 Характеристики грунтовой основы

№ слоя	Глубина от поверхности	Плотность			Козф. пористости	Козф. водонасыщ.	Угол внутреннего трения	Удельное сцепление	Модуль деформации
		частичек грунта	грунта	сухого грунта					
	Н	ρ <sub>s</sub>	ρ	ρ <sub>d</sub>	e	S <sub>r</sub>	φ	c	E
п.п.	м	г/см <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	д.о	д.о	град.	МПа	МПа
1	0-1,7	2,70	1,94	1,57	0,717	0,88	23	0,027	19,0
2	1,7-12,5	2,65	1,74	1,63	0,628	0,29	33	0,002	32,0
			1,94			0,81	32	0,001	30,0
3	18,3...40+	2,69	1,98	1,56	0,728	0,67	22	0,011	10,0
4	12,5-18,3	2,67		1,53	0,741	1,00	21	0,025	16,0

Статический уровень грунтовых вод в границах участка изысканий зафиксирован на глубинах 7,8-10,5 м от дневной поверхности. Сезонные колебания уровня грунтовых вод составляют  $1,0 \pm 0,5$  м от зафиксированного на период изысканий.

### 3.7 Фундаменты и подземные этажи

Для принятых характеристик грунтовых условий, с учетом многоэтажного характера здания, наиболее приемлемым типом фундамента являются буронабивные сваи. Для расчетов были приняты сваи диаметром 620 мм, длиной 25 м, объединенные плитным ростверком толщиной 1,4 м.

Конструкция подземной части здания для всех вариантов схем каркаса принята одинаково выполненной в монолитном железобетоне. Подземные этажи включают в себя железобетонные контурные стены, выполняющие как ограждающую, так и подпорную несущую функцию, внутренние стены ядра, плиты перекрытия, запроектированные в соответствии с ДБН В.2.1-10:2009 «Основы и фундаменты сооружений» (ДБН В.2.1-10:2009 «Основы та фундаменти споруд»). Под подошвой плиты ростверка, а по контуру подземной части здания обеспечена гидроизоляция и система дренажа для предотвращения возникновения барражного эффекта.

### 3.8 Принятые конструкционные материалы

В табл. 3.4 приведен перечень позиций конструктивных элементов и материалов, используемых для железобетонного и стального вариантов решения несущего каркаса.

Таблица 3.4 Материалы несущих конструкций здания при различных вариантах каркаса

Тип каркаса	Конструктивный элемент	Коротко-пролетная	Длинно-пролетная
С применением стальных конструкций	Балки	C245	C245/C345
	Колонны	C245/C345	
	Связи	C245S	
	Бетон в плитах	C30/35	
	Арматура плит	A400C	
Монолитный железобетонный	Бетон ядра жесткости	C30/35	
	Армирование ядра	A240C/A400C	
	Бетон в колоннах и стенах ядра жесткости	C35/45	
	Бетон в балках, перекрытиях, конструкциях кровли и лестницах	C30/35	
	Армирование	A240C/A400C	
Подземный этаж и фундаменты (независимо от типа каркаса)	Бетон в сваях, ростверке и конструкциях подземного этажа	C25/30	
	Армирование	A240C/A400C	

В схемах с применением стальных конструкций использована сталь C245 и C345 в зависимости от нагруженности элемента в стремлении обеспечить необходимый минимальный габарит балок перекрытий и колонн. Связи предусмотрены в горизонтальной плоскости несущих конструкций перекрытий и кровли в вариантах с металлическим каркасом. По аналогичному принципу были выбраны конструкционные материалы для железобетонных конструкций.







**РАЗДЕЛ 4  
КОНСТРУКТИВНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ И  
РАЗМЕЩЕНИЕ  
ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ**

В данном разделе представлено подробное описание принятых вариантов конструкций перекрытий, а также анализ основных характеристик используемых элементов с учетом расположения инженерных сетей и вспомогательного оснащения в их общем габарите. Как для металлического, так и для железобетонного каркаса существуют самые разнообразные типы перекрытий, однако в данном сравнении вариантов были приняты к рассмотрению только те конструкции, которые наиболее доступны и широко используются в современных зданиях специфично для условий украинского рынка.

#### 4.1 Стальные композитные балки и железобетонные плиты перекрытий по профилированному настилу

В строительстве с применением стальных конструкций с целью повышения эффективности все более широкое применение находят композитные балки, работающие совместно с опертной на них монолитной железобетонной плитой перекрытия. Поскольку при обычных гравитационных нагрузках верхний пояс балок сжат, включение бетона плиты в расчетную схему позволяет перераспределить напряжения и повысить несущую способность перекрытия.

В рассматриваемом проекте стальной вариант каркаса принят с композитными второстепенными балками, в которых совместная работа с плитой достигается путем использования специальных анкерных упоров, привариваемых к верхней полке балки (рис. 4.1).

Такое решение значительно увеличивает прочность и жесткость балок, позволяя уменьшить строительную высоту сечения и, соответственно, общий габарит перекрытия. При этом плита перекрытия обустраивается по профилированному настилу, уложенному на балки. Стальной настил при этом используется в качестве несъемной опалубки и повышает технологичность и скорость обустройства перекрытий. Работа профилированного настила в данном проекте не была принята композитной с бетоном плиты, что связано с огнезащитными требованиями.

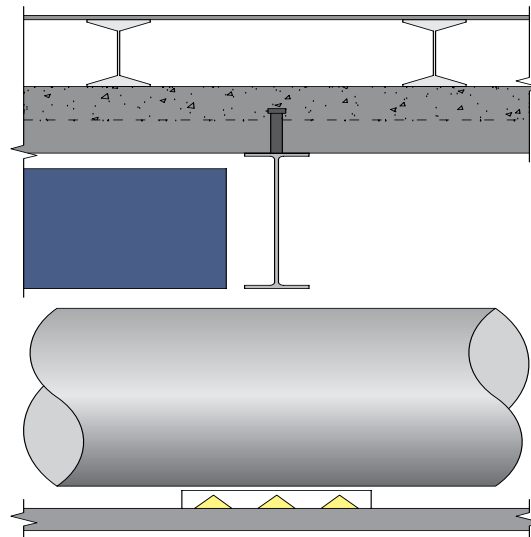


Рисунок 4.1 Схема организации перекрытия с применением композитных балок и пропуском коммуникаций ниже несущих конструкций

Стальные балки перекрытий, принятые в проекте, выполняются из прокатных и составных сварных профилей, а приваривание к ним упорных анкеров для композитной работы осуществляется непосредственно через настил.

#### 4.2 Стальные композитные балки с отдельными отверстиями в стенке

При значительной строительной высоте стальных балок в системе перекрытия рациональным является пропуск габаритных коммуникаций в одном уровне с несущими конструкциями. При этом в стенках балок в необходимых местах, согласно расчету, обустраиваются круглые отверстия-перфорации для прохода инженерных сетей. Как правило, рациональным расположением отверстий является зона минимальных касательных напряжений – средняя треть пролета для шарнирно закрепленных балок с равномерно распределенной гра-

витационной нагрузкой. Диаметр отверстий принимается не более 70 % от высоты стенки балки. Отверстия могут также быть прямоугольной формы, с отношением длины к высоте до 2,5, однако при этом требуются дополнительные конструктивные меры для обеспечения несущей способности в ослабленном месте.

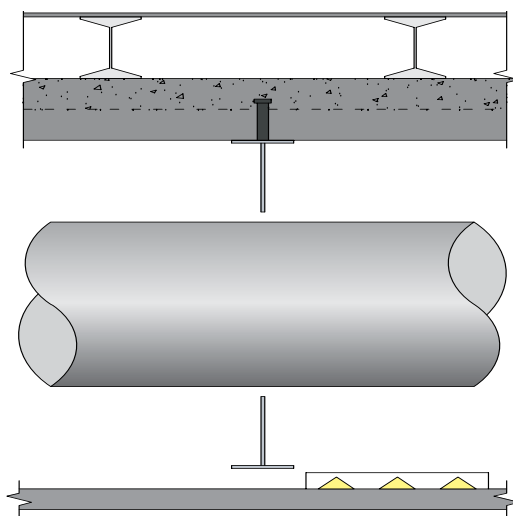


Рисунок 4.2 Схема организации перекрытия с применением композитных балок с крупными перфорациями в стенке для пропуска коммуникаций в одном уровне

Перфорированные балки также могут быть запроектированы как композитные с совместной работой основного прокатного или сварного профиля и монолитной плиты по профилированному настилу. Такая совместная работа частично компенсирует понижение несущей способности балок в местах обустройства отверстий. Большие часто расположенные перфорации должны учитываться при определении общего прогиба балки, в то время как небольшими редкими отверстиями можно пренебречь.

В данном проекте из условий реального строительства принято, что в габарите балок проходит не более трех каналов круглого сечения (рис. 4.2).

### 4.3 Монолитные железобетонные безбалочные перекрытия

Монолитные железобетонные безбалочные перекрытия обычно используются для пролетов до 9 м и особенно подходят для сеток колонн с равносторонними ячейками. Плиты при этом армируются таким образом, чтобы у них была обеспечена работа в двух направлениях, а также передача усилий непосредственно на колонны. Плоскостность нижней поверхности плиты и использование съемной модульной оборотной опалубки обеспечивает высокую технологичность и скорость проведения монолитных работ. Кроме того, безбалочная схема обеспечивает максимальную гибкость для прокладки инженерных коммуникаций в пространстве между подвесным потолком и перекрытием (рис. 4.3).

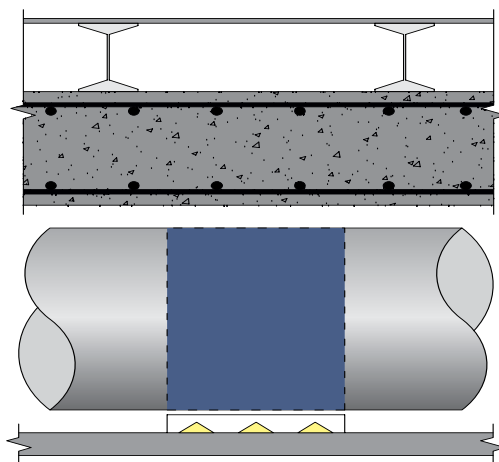


Рисунок 4.3 Схема организации монолитного железобетонного безбалочного перекрытия

В то же время одним из недостатков безбалочной схемы железобетонного монолитного перекрытия является невозможность обустройства крупных отверстий для пропуска вертикальных коммуникаций, особенно расположенных вблизи колонн. Также использование монолитных железобетонных безбалочных конструкций значительно снижает возможности реконструкции здания при перепланировке.

#### 4.4 Монолитные железобетонные балочные перекрытия

В принятом варианте железобетонного балочного перекрытия при длиннопролетной схеме используются плиты (рис. 4.4), работающие в одном направлении. Они передают усилия на железобетонные монолитные балки, к которым они примыкают в общем верхнем уровне. Балки обустраиваются между колоннами, пилонами или стенами и могут различаться по ширине и высоте в зависимости от конструктивных и архитектурных требований. Как правило, при каркасном здании ширина балок принимается равной ширине колонн, т.к. это

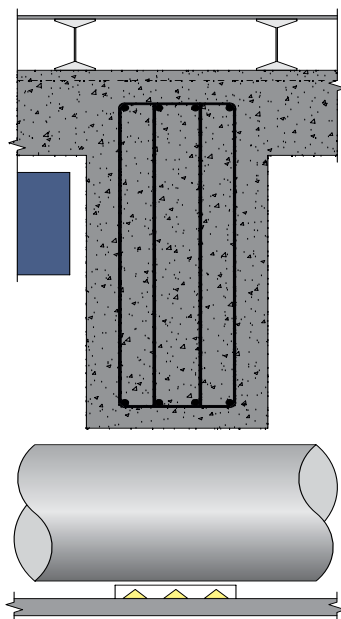


Рисунок 4.4 Схема организации монолитного железобетонного балочного перекрытия. В данном решении можно уменьшить габарит перекрытия путем применения каналов прямоугольного сечения

упрощает опалубочные и арматурные работы. Балочная модель наиболее применима при неравносторонней ячейке сетки колонн с параметрами пролетов, не позволяющих использовать безбалочные перекрытия. Недостатком балочной схемы монолитных железобетонных перекрытий является повышенная трудоемкость и время проведения опалубочных и арматурных работ, а также значительный собственный вес, зачастую превышающий полезную нагрузку.

Балочная модель наиболее применима при неравносторонней ячейке сетки колонн с параметрами пролетов, не позволяющих использовать безбалочные перекрытия. Недостатком балочной схемы монолитных железобетонных перекрытий является повышенная трудоемкость и время проведения опалубочных и арматурных работ, а также значительный собственный вес, зачастую превышающий полезную нагрузку.

#### 4.5 Размещение инженерных сетей в зоне перекрытий

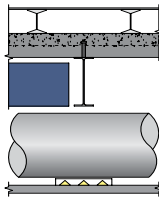
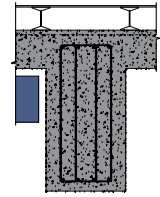
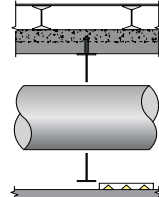
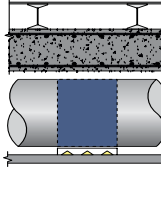
Техническое задание на проектирование рассматриваемого здания предусматривает установку системы вентиляции и кондиционирования. Сопутствующее оборудование и каналы разводки могут быть расположены ниже несущих элементов перекрытия либо в одном уровне с ними, в зависимости от архитектурных и конструктивных условий. Высота устанавливаемого оборудования с учетом креплений составляет 400 мм. Максимальный диаметр распределительных вентиляционных каналов также взят 400 мм. При использовании воздуховодов прямоугольного сечения их высота принята 250 мм. Для эффективной работы воздуховода его ширина, как правило, не превышает две высоты и принимается до 500 мм.

Для размещения иных вспомогательных приборов, систем освещения, конструкций подвесного потолка, а также обеспечения возможности прогиба ниже строительной высоты перекрытия предусмотрен зазор 150 мм. Общая высота конструкций фальшпола, устанавливаемых на перекрытии, составляет 150 мм.

При использовании длиннопролетных перекрытий в стальном варианте решения каркаса приборы кондиционирования располагаются в межбалочном свободном пространстве. При этом высота главных балок должна обеспечивать возможность обустройства в их стенке перфораций, позволяющих пропускание вентиляционных каналов. При коротких пролетах с невысокими балками либо при вариантах каркаса в монолитном железобетоне приборы кондиционирования и каналы вентиляции размещают ниже несущих элементов перекрытия, что увеличивает общий габарит перекрытия. Воздуховоды прямоугольного сечения позволяют минимизировать необходимую высоту для их обустройства, однако ухудшают несущую способность балок, через которые проходят.

В табл. 4.1 приводятся схемы организации перекрытий и расположение инженерных сетей для рассматриваемых конструктивных систем.

Таблица 4.1 Общие габариты и строительная высота различных систем перекрытия

				
1. Фальшпол	150	150	150	150
2. Оборудование вентиляции и кондиционирования	н/з	н/з	н/з	} 400
3. Вентиляционные каналы	400	400	н/з	
4. Системы подвесного потолка и освещение	150	150	150	150
Общий габарит	700	700	300	700

Примечания:

- н/з – высота не имеет значения;
- для уменьшения общего габарита при пропуске коммуникаций под несущими конструкциями перекрытия возможно использовать вместо трубчатых воздуховоды эквивалентного прямоугольного сечения с ориентировочным соотношением ширины к высоте не более двух.



**РАЗДЕЛ 5**  
**КОНСТРУКТИВНЫЕ**  
**СХЕМЫ КАРКАСА,**  
**РАССМАТРИВАЕМЫЕ**  
**В ИССЛЕДОВАНИИ**

Данный раздел описывает основные принятые конструктивные решения и характеристики рассматриваемых схем каркаса здания, в том числе конструкции перекрытий и расположение инженерных сетей и коммуникаций.

В исследовании были приняты к рассмотрению две принципиальные конструктивные схемы каркаса здания – короткопролетная с ячейкой сетки колонн 7,5x7,5 м и длиннопролетная с ячейкой сетки колонн 7,5x15 м.

Длиннопролетная схема организуется таким образом, чтобы создать внутреннее безколонное открытое пространство. Инженерные коммуникации при этом по возможности стараются разместить в одном уровне с несущими конструкциями перекрытия. Для короткопролетных вариантов конструктивных решений требуется наличие внутренних колонн. Все схемы были скомпонованы с наиболее максимальной эффективностью при учете нормативных ограничений и архитектурно-планировочных требований к зданию.

В альтернативах с применением стальных конструкций каркас здания в основном формируется балками и колоннами, сваренными из листов стали С245 и С345. Примыкание балок между собой, а также к колоннам и центральному ядру предусмотрено шарнирным. Горизонтальная жесткость при этом обеспечивается собственным ядром жесткости, дисками перекрытий и системой связей.

Альтернативы, предусматривающие применение монолитного железобетона, включают в себя варианты с безбалочным и балочным решениями перекрытий. Выбор наиболее рационального решения во многом зависит от сетки колонн, на чем акцентировано внимание ниже.

## 5.1. Конструктивные схемы с ячейкой сетки колонн 7,5x7,5 м

### 5.1.1 Каркас с применением стальных колонн и короткопролетных балок

В каркасе с применением стальных конструкций при сетке колонн 7,5x7,5 м плиты перекрытия могут быть организованы из монолитного железобетона по металлическому профилированному настилу. Настил имеет при этом толщину стали 0,9 мм, высоту гофра 75 мм и используется как несъемная опалубка, обеспечивая технологичность и скорость обустройства перекрытий.

В каждом гофре настила, а также верхнем уровне бетона плиты обустраиваются арматурные сетки и каркасы из стержней класса А400С. Удельный процент армирования сечения, полученный согласно расчету, составляет 134,43 кг/м<sup>3</sup>. Предел огнестойкости плиты, получаемой таким образом, REI 60, а общая строительная высота составляет 160 мм.

Плита обустраивается по стальным балкам, размещенным с шагом 3,75 м. Балки спроектированы как композитные с учетом совместной работы с железобетонной плитой по профилированному настилу и изготавливаются на заводе под заказ сварными из листов.

Высота второстепенных балок перекрытия на типовых этажах (уровни 3-18) составляет 430 мм, при пролете 7,5 м.

Второстепенные балки перекрытия примыкают в одном уровне к главным балкам, которые также изготавливаются сварными из листов и имеют строительную высоту 550 мм. Для прокладки инженерных сетей и коммуникаций по всему зданию используется пространство под несущими конструкциями. Примыкание балок между собой и к ядру жесткости осуществляется шарнирно на болтах.

Общая строительная высота несущих конструкций перекрытия, состоящего из плиты и стальных балок, составляет в итоге 710 мм. С учетом необходимых размеров для обустройства фальшпола (150 мм), противопожарной защиты, освещения и системы потолка (150 мм), общий габарит конструкции перекрытия принят 1 010 мм. При таком габарите каждого перекрытия отметка чистого пола самого высокого этажа (уровень 18) составляет +69,980 м, а общая высота здания до уровня кровли – 73,890 м.

Схема типового перекрытия описанной конструктивной системы показана на рис. 5.1.

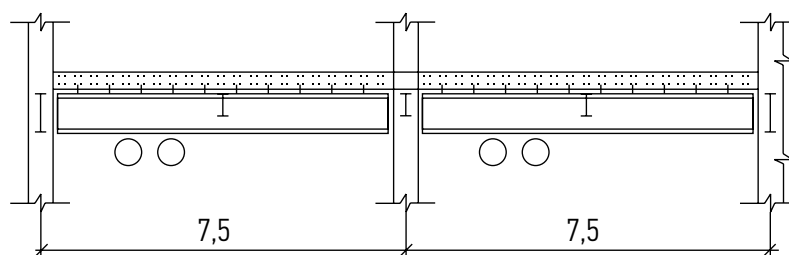
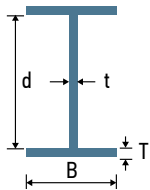
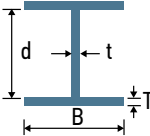
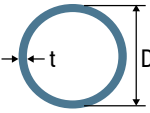


Рисунок 5.1 Схема типового перекрытия с короткопролетными стальными балками



Таблица 5.1 Ведомость элементов каркаса с применением стальных конструкций при ячейке сетки колонн 7,5х7,5 м

Тип	Эскиз сечения	Обозначение	Расположение	Размеры сечения профиля		Сталь	
				полка	стенка		
Колонны		К 1	Менее 9,20	450х25	400х20	С345	
			+9.20 до +17.60	450х20	410х20		
			+17.60 до +29.60	420х20	410х12		
			+29.60 до +41.60	400х16	418х12		
			+41.60 до +53.60	320х16	418х12		
			+53.60 до +65.60	280х12	426х8		
		К 2	Более +65.60	280х10	430х8	С245	
			К 3	Менее 9,20	360х16	418х12	С345
				+9.20 до +17.60	340х16	418х12	
				+17.60 до +29.60	300х16	418х8	
				+29.60 до +41.60	300х12	426х8	
				+41.60 до +53.60	280х10	430х8	
Более +53.60	280х10	430х8					
Балки		СБ 550	Уровни 1-18	300х12	410х6	С245	
		СБ 430		150х10	380х6		
		SB 400		260х10	380х6		
		SB 400A		260х10	380х6		
		ПБ1	Уровень 19	200х10	380х6		
		БП1	Уровень 2	200х10	380х6		
		БП3		260х12	526х6		
Связи		СГ1	Уровень 2 и уровень 19	159х4			
		P1		127х3			

### 5.1.2 Железобетонный каркас с безбалочным решением перекрытия

При ячейке сетки колонн 7,5х7,5 м железобетонный монолитный каркас решается в безбалочном исполнении. Безбалочные плиты перекрытий работают в двух направлениях и передают силовой поток непосредственно на колонны, что позволяет обеспечить минимальную строительную высоту и плоскостность потолка для прокладки коммуникаций. В рассматриваемом варианте конструктивной схемы были приняты плиты фиксированной толщины 250 мм (рис. 5.7). Армирование при этом берется согласно расчету и изменяется в зависимости от назначения, и соответственно, нагрузки на перекрытие (табл. 5.2).

Таблица 5.2 Ведомость безбалочных монолитных железобетонных плит

Перекрытие	Толщина плиты, мм	Армирование, кг/м <sup>3</sup>
Уровень 0 (вход)	250	152
Уровни 1 и 2	250	124
Уровни 3-18	250	124
Уровень 19 (кровля)	250	144



Рисунок 5.7 Принятая схема и поперечное сечение безбалочного железобетонного перекрытия, работающего в двух направлениях

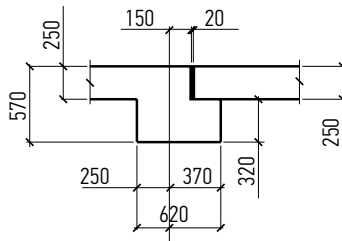


Рисунок 5.8 Сечение контурной балки в месте примыкания стилобата

В каркасе с безбалочным решением перекрытия требуются только контурные балки по внешнему периметру здания, образующие пояса жесткости и обеспечивающие минимальный прогиб в месте крепления ограждающих панелей и фасадных систем. Ширина таких балок составляет 620 мм, и они на 320 мм выступают от нижней поверхности плиты (рис. 5.8). Таким образом, в местах обустройства контурных балок строительная высота перекрытий составляет 570 мм. Согласно расчету, для контурной балки используется повышенное армирование – 164 кг/м<sup>3</sup>.

Малая строительная высота плиты перекрытия в безбалочном решении позволяет оставить зазор в 400 мм для организации прохода инженерных сетей и коммуникаций ниже несущих конструкций. При ранее принятой высоте фальшпола 150 мм, а также зазора в 150 мм для расположения систем освещения и подвесного потолка, общий габарит перекрытия для 2- и 3-го этажей составит 1 270 мм, а для всех верхних этажей – 950 мм. Самый верхний эксплуатируемый, 18-й этаж находится на отметке +69,65м, а высота всего здания до отметки кровли (уровень 19) составит 73,39 м.

В табл. 5.3 представлена ведомость для короткопролетной схемы здания с маркировкой колонн и указанием их расположения, размеров сечения и относительного армирования. Маркировочные планы колонн для уровней 1 и 2 показаны на рис.5.9, а для уровней 3-19 – на рис.5.10.

Таблица 5.3 Ведомость железобетонных монолитных колонн при ячейке 7,5х7,5 м

Расположение	Обозначение	Размеры сечения, мм	Армирование, кг/м <sup>3</sup>	Эскиз
0,000...+4,100	K1	1800x500	184	
	K2	1800x500	184	
	K3	1200x500	184	
	K4	600x500	184	
	K5	400x400	184	
+8,200...+24,600	K1	1500x400	184	
	K2	1500x400	184	
	K3	1000x400	184	
	K4	500x400	184	
+28,700...+44,700	K1	1100x400	184	
	K2	1100x400	184	
	K3	800x400	184	
	K4	500x400	184	
+48,800...+73,400	K1	800x400	184	
	K2	800x400	184	
	K3	500x400	184	
	K4	500x400	184	

При специфицировании монолитных железобетонных колонн в короткопролетной схеме их габарит по высоте принимается от верха нижней до низа верхней безбалочных плит каждого этажа.

## 5.2 Конструктивные схемы с ячейкой сетки колонн 7,5x15 м

### 5.2.1 Каркас с применением стальных колонн и длиннопролетных балок с отдельными отверстиями в стенке

При сетке колонн 7,5x15 м в каркасе с применением стальных конструкций плиты перекрытия организуются из монолитного железобетона по заранее уложенному металлическому профилированному настилу.

Настил имеет толщину стали 0,8 мм при высоте гофры 75 мм и используется как несъемная опалубка, обеспечивая технологичность и скорость обустройства перекрытий. В каждом гофре настила, а также верхнем уровне бетона плиты устраиваются арматурные сетки и каркасы из стержней класса А400С. Удельный процент армирования сечения, полученный согласно расчету, составляет 134,43 кг/м<sup>3</sup>.

Предел огнестойкости плиты, получаемой таким образом, REI 60, а общая строительная высота составляет 160 мм. Плита устраивается между стальными балками, размещенными с шагом 3,75 м. Балки спроектированы как композитные с учетом совместной работы с железобетонной плитой по профилированному настилу и изготавливаются сварными из листов на заводе под заказ.

На типовых этажах (уровни 3-18) высота балок перекрытия составляет 700 мм, они перекрывают пролет 15 м между фасадом здания и центральным ядром жесткости. Со стороны фасада балки приходят к распределительному контурному ригелю. Контурный ригель представляет собой главную балку пролетом 7,5 м двутаврового сечения, скомпонованного из листов. Высота ригелей принята 700 мм, как и пролетных балок, и примыкание между ними обеспечивается в одном уровне шарнирным на болтах.

Примыкание балок к ядру жесткости также осуществляется шарнирно, с присоединением на болтах к закладной детали. Кроме восприятия реакций от балок, контурные ригели имеют повышенные требования по жесткости, т.к. на них крепятся стеновые панели и фасадные системы.

Разводка основных инженерных сетей и коммуникаций всего здания проводится горизонтально в межбалочном пространстве под перекрытиями. Сопряжение коммуникаций в зоне балок осуществляется через отдельные отверстия в их стенках.

Таким образом, строительная общая высота несущих конструкций перекрытия, состоящего из плиты и стальных балок, составляет 860 мм. С учетом необходимых размеров для обустройства фальшпола, противопожарной защиты, освещения и системы потолка, общий габарит конструкции перекрытия составляет 1 160 мм. При таком габарите каждого перекрытия отметка чистого пола самого высокого заселенного этажа (уровень 18) составляет +72,680 м, а общая высота здания до уровня кровли (19) составляет 76,740 м.

Схема типового перекрытия описанной конструктивной системы показана на рис. 5.11.

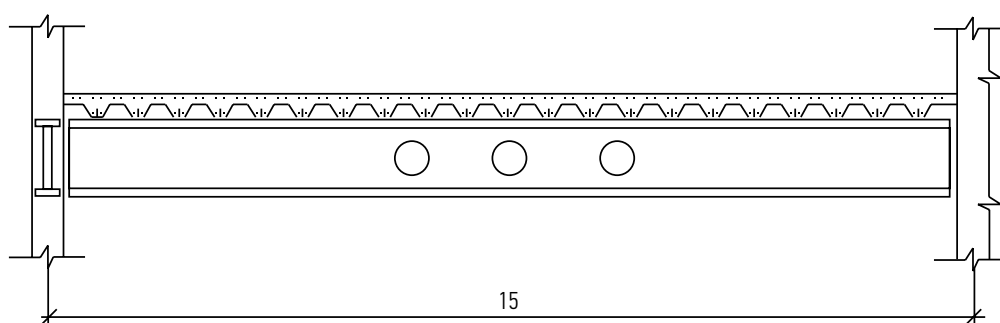


Рисунок 5.11 Схема типового перекрытия с длиннопролетными балками, имеющими отдельные отверстия в стенке

На рис. 5.12 показан маркировочный план стальных колонн при сетке 7,5x15 м. Маркировочные планы несущих элементов перекрытий всех этажей здания, имеющих конструктивные различия, а также план несущих элементов кровли показаны на рис. 5.13-5.16. Размеры сечений, колонн и элементов связей жесткости приведены в ведомости табл. 5.4.

Таблица 5.4 Ведомость элементов каркаса здания с применением стальных конструкций при ячейке сетки колонн 7,5x15 м

Тип	Эскиз сечения	Обозначение	Расположение	Размеры сечения профиля		Сталь
				полка	стенка	
Колонны		К 1	Менее 9,20	450x25	400x20	С345
			+9.20 до +17.60	450x20	410x20	
			+17.60 до +29.60	420x20	410x12	
			+29.60 до +41.60	400x16	418x12	
			+41.60 до +53.60	320x16	418x12	
			+53.60 до +65.60	280x12	426x8	
		К 2	Более +65.60	280x10	430x8	C245
			Менее 9,20	360x16	418x12	С345
			+9.20 до +17.60	340x16	418x12	
			+17.60 до +29.60	300x16	418x8	
+29.60 до +41.60	300x12	426x8				
Балки		К 3	+0.00 до +8.20	280x10	430x8	C245
		СБ 701 СБ 702 СБ 703 СБ 704	Все уровни, за исключением кровли	360x20	660x8	C345
				240x10	680x8	
				320x12	676x8	
				320x12	676x8	
		СБ 430 ПБ1 БП1	19-й этаж – уровень кровли	150x10	410x6	C245
				340x12	676x8	
		БП 2 БП 3	3-й этаж (кровля стилобатной части)	200x10	380x6	
				340x12	676x8	
		БП 2 БП 3	3-й этаж (кровля стилобатной части)	260x12	526x6	
Связи		СГ1	Уровни кровли стилобатной части и всего здания	159x4 127x3	C245	
		Р1				

## 5.2.2 Монолитные железобетонные балочные перекрытия

При балочном исполнении монолитные железобетонные перекрытия имеют плитную часть толщиной 263 мм, которая перекрывает пролет 7,5 м между монолитными балками, выступающими снизу перекрытия. Схема перекрытия при балочной схеме приведена на рис. 5.17, а расчетное армирование – в табл. 5.5.

Таблица 5.5 Ведомость монолитных железобетонных плит перекрытий при балочной схеме

Перекрытие	Толщина плиты, мм	Армирование, кг/м <sup>3</sup>
Уровень 0	250	152
Уровни 1 и 2	250	124
Уровни 3-18	250	124
Уровень 19 (кровля)	250	144

Монолитные балки, к которым приходят железобетонные плиты перекрытия, перекрывают пролет в 15-м между колоннами или пилонами, расположенными по периметру фасада здания и центральным ядром жесткости (рис. 5.19 и 5.20). Такие балки имеют прямоугольное сечение, шириной 500 мм на нулевом уровне и 400 мм на уровнях 1-19, и выступают на 850 мм ниже поверхности плит. При этом общая строительная высота несущих конструкций перекрытия составляет 1 100 мм для каждого уровня (рис. 5.18). Также по периметру каркаса здания в местах примыкания стилобатной части и фасадов используются контурные балки, образующие пояса жесткости, обеспечивающие восприятие нагрузок от ограждающих конструкций. Такие балки имеют пролет 7,5 м и решение, аналогичное контурным балкам для короткопролетной схемы (рис. 5.8). Имея меньшую высоту, чем балки, перекрывающие основной пролет, они не оказывают влияние на высоту перекрытия.

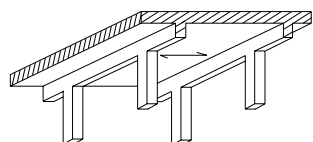


Рисунок 5.17 Схема балочного железобетонного перекрытия

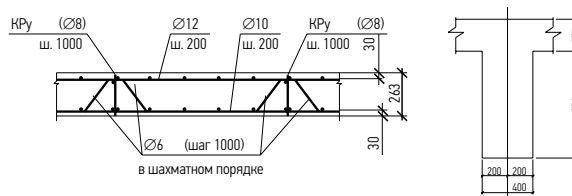


Рисунок 5.18 Поперечное сечение железобетонной плиты и габарит монолитных балок перекрытия

В балочной схеме железобетонного перекрытия практически невозможно расположить коммуникации в одном уровне с монолитными балками и поэтому для них предусматривается зазор 250 мм ниже балок в необходимых для этого местах. Распределительный воздуховод при этом имеет прямоугольное сечение 500x250 мм. Большое межбалочное пространство используется для установки габаритного оборудования вентиляции и кондиционирования. С учетом дополнительной высоты фальшпола, подвесного потолка и освещения, общий габарит перекрытия в балочной схеме равен 1 650 мм. Таким образом, отметка верхнего эксплуатируемого этажа (уровень 18) составит +81,500 м, а высота здания до отметки кровли – 86,050 м.

В табл. 5.6 представлена ведомость колонн для длиннопролетного варианта конструктивной схемы каркаса здания в монолитном железобетоне. Аналогичная информация относительно балок приведена в табл. 5.7. Ширина сечения основных балок (В1, В2, В3) была выбрана соответствующей ширине сечения колонн, таким образом, упрощая организацию примыкания.

Маркировочный план несущих конструкций для уровней 1 и 2 проиллюстрирован на рис. 5.19, а план для уровней 3-19 – на рис. 5.20.

Таблица 5.6 Ведомость железобетонных монолитных колонн

Расположение	Обозначение	Размеры, мм	Армирование, кг/м <sup>3</sup>	Эскиз
0,000...+4,100	K1	2000x500	181	
	K2	2000x500	181	
	K3	1000x500	181	
	K4	500x500	181	
	K5	1300x500	181	
	K6	400x400	181	
+8,200...+24,600	K1	1900x400	181	
	K2	1950x400	181	
	K3	800x400	181	
	K4	400x400	181	
	K5	1100x400	181	
+28,700... +44,700	K1	1600x400	181	
	K2	1800x400	181	
	K3	600x400	181	
	K4	400x400	181	
	K5	1100x400	181	
+48,800...+73,400	K1	1100x400	181	
	K2	1500x400	181	
	K3	400x400	181	
	K4	400x400	181	
	K5	1100x400	181	

Как показано в табл. 5.6, при специфицировании монолитных железобетонных колонн в длиннопролетной схеме их габарит по высоте принимается от верха нижней до низа верхней плиты без учета габарита балок.

Таблица 5.7 Ведомость железобетонных монолитных балок

Расположение	Обозначение	Размеры, мм	Армирование, кг/м <sup>3</sup>	Эскиз
Уровень 0	Б2	500x850	281	
	Б3		281	
	Б1	320x620	164	
Уровень 1	Б2	400x850	281	
	Б3		281	
	Б1	320x620	164	
Уровни 2-19	Б2	850x400	281	
	Б3		281	

В свою очередь, при специфицировании монолитных балок в длиннопролетной схеме их размер принимается без полки, образующейся плитной частью, т.к. последняя идет в учет при подсчете собственно плит перекрытий.

### 5.3 Сведенные результаты конструктивных расчетов

Сведенные результаты конструктивных расчетов различных вариантов конструктивных схем здания представлены в табл. 5.8. Альтернативные варианты решения каркаса характеризуются в габаритных размерах и удельных конструктивных показателях металлоемкости к общей площади здания.

Окончательная строительная высота в табл. 5.8 обозначает общий вертикальный размер несущих конструкций перекрытия и была принята по результатам конструктивных расчетов. Общий габарит перекрытия, кроме строительной высоты несущих конструкций, включает в себя 150 мм высоты фальшпола, 150 мм высоты систем потолка и освещения, а также высоту инженерных сетей при пропуске их ниже несущих конструкций (табл. 4.1). Строительная высота всего здания посчитана от нулевого до 19 уровня, без учета надстройки лифтового машинного отделения и возможного антенного оборудования.

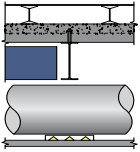
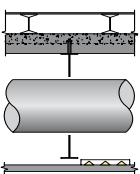
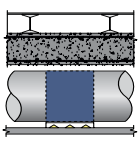
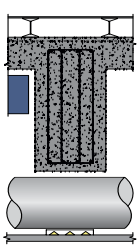
Под основными конструктивными элементами в данном исследовании принято понимать главные и вспомогательные балки и колонны, в то время как второстепенные элементы, актуальные для вариантов каркаса с применением стальных конструкций, включают в себя элементы связей и конструкции кровли.

### 5.4 Монолитное железобетонное ядро жесткости

Конструктивное решение центрального ядра жесткости для всех рассматриваемых в данном исследовании альтернатив было принято в монолитном железобетоне. Бетон ядра был принят марки С35/45, а толщина стенок составляет 400 и 200 мм в зависимости от нагруженности конкретного участка. В железобетонном каркасе с ячейкой 7,5x15 м ядро имеет пилостры в местах примыкания несущих монолитных балок перекрытий.

Лестнично-лифтовой блок, пристраиваемый сбоку к зданию для организации дополнительных путей эвакуации и транспортировки пожарных подразделений, также выполняется монолитным. При армировании используется арматура классов А240С и А400С.

Таблица 5.8 Сведенные конструктивные характеристики несущих каркасов для рассматриваемых альтернатив

	Размер ячейки сетки колонн, м	Строительная высота, мм	Общий габарит, мм	Высота здания, м	Удельная металлоемкость конструктивных элементов к общей площади здания, кг/м <sup>2</sup>			Удельная площадь огнезащитной покраски на м <sup>2</sup>
					Основные	Второстепенные	Итого	
	7,5x7,5	710	1010	73,890	26,7	0,43	27,13	0,667
	15,0x7,5	860	1160	76,740	31,55	0,34	31,89	0,707
	7,5x7,5	250	950	73,390	-	0,15	0,15	-
	15,0x7,5	1100	1650	86,050	-	0,15	0,15	-

## 5.5 Конструкции подземных этажей

В здании предусмотрено два уровня подземных этажей, используемые для размещения паркинга легковых автомобилей сотрудников здания и клиентов, а также для организации подсобных помещений и камер технологического оборудования.

Подземные этажи как при стальном, так и при железобетонном варианте каркаса выполняются полностью из монолитного железобетона.

Поскольку трансляция усилий от основного каркаса здания на фундаменты обеспечивается через подземные уровни, в их архитектурно-планировочных и конструктивных решениях наследуется количество и расположение колонн для разных схем.

Внешние стены подземной части здания выполняют как ограждающую, так и несущую функцию, удерживая боковое давление грунта обратной засыпки. Принятая толщина внешних стен подземных этажей – 400 мм. Принятая марка бетона составляет С30/35, а полученный в результате расчета коэффициент армирования сечения – 44,78 кг/м<sup>3</sup>. В монолитных железобетонных колоннах и ядровой части подземных этажей здания используется бетон марки С30/35 с процентом армирования 131,4 кг/м<sup>3</sup>.

## 5.6 Фундаменты

С учетом описанной сложной инженерно-геологической обстановки и предполагаемого наличия существующих зданий рядом с участком строительства, фундаменты для всех вариантов альтернатив приняты на буронабивных сваях. Расчет был произведен в целом для системы здание-основание. При этом было принято, что вокруг здания обустраивается система кольцевого дренажа, препятствующая возможным резким изменениям уровня грунтовых вод и возникновению барражного эффекта.

Полученная в результате расчета длина свай в грунте составляет 25 м, а диаметр – 0,62 м. Исключение составляет длиннопролетная схема монолитного железобетонного каркаса, где используется комбинация двух типов свай – диаметром 0,62 и 0,82 м. Такое решение было принято из-за повышенных нагрузок на подошву здания вследствие увеличенного собственного веса конструкций.

Сваи объединены в группы участками плитного монолитного железобетонного ростверка с применением бетона марки С25/30. Маркировка свай и участков плитного ростверка для различных вариантов решения основного несущего каркаса приведены на рис. 5.21-5.24, а конструктивные характеристики – в табл. 5.9.

Таблица 5.9 Конструктивные характеристики свай и плитных участков ростверка

Схема	Маркировка на схеме	Сваи		Армирование (кг/м <sup>3</sup> )
		d (мм)	Свай в группе, шт	
Каркас с применением стальных конструкций при сетке 7,5x7,5 м	А	620	1	117,4
	Б	620	2	117,4
	С	620	3	117,4
	Ядро жесткости 1	620	52	117,4
	Ядро жесткости 2	620	20	117,4
Монолитный железобетонный каркас с сеткой 7,5x7,5 м	А	620	1	116,1
	Б	620	3	116,1
	С	620	4	116,1
	Г	620	5	116,1
	Д	620	6	116,1
	Ядро 1	620	78	116,1
	Ядро 2	620	20	116,1
Каркас с применением стальных конструкций при сетке 7,5x15 м	А	620	1	117,4
	Б	620	2	117,4
	С	620	4	117,4
	Ядро 1	620	52	117,4
	Ядро 2	620	20	117,4
Монолитный железобетонный каркас с сеткой 7,5x15 м	А	620	1	116,9
	Б	620	3	116,9
	С	820	3	116,9
	Г	820	6	116,9
	Ядро 1	820	77 101	116,9
	Ядро 2	620	20	116,9



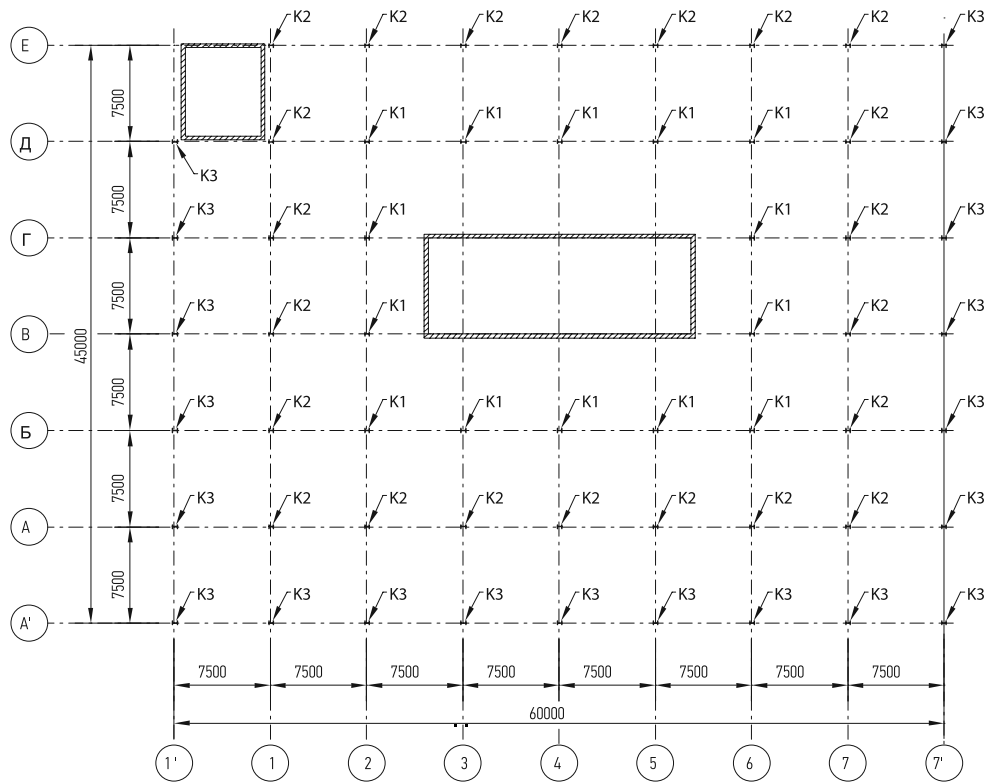


Рисунок 5.2 Маркировочный план колонн первого этажа для короткопролетной схемы стального каркаса

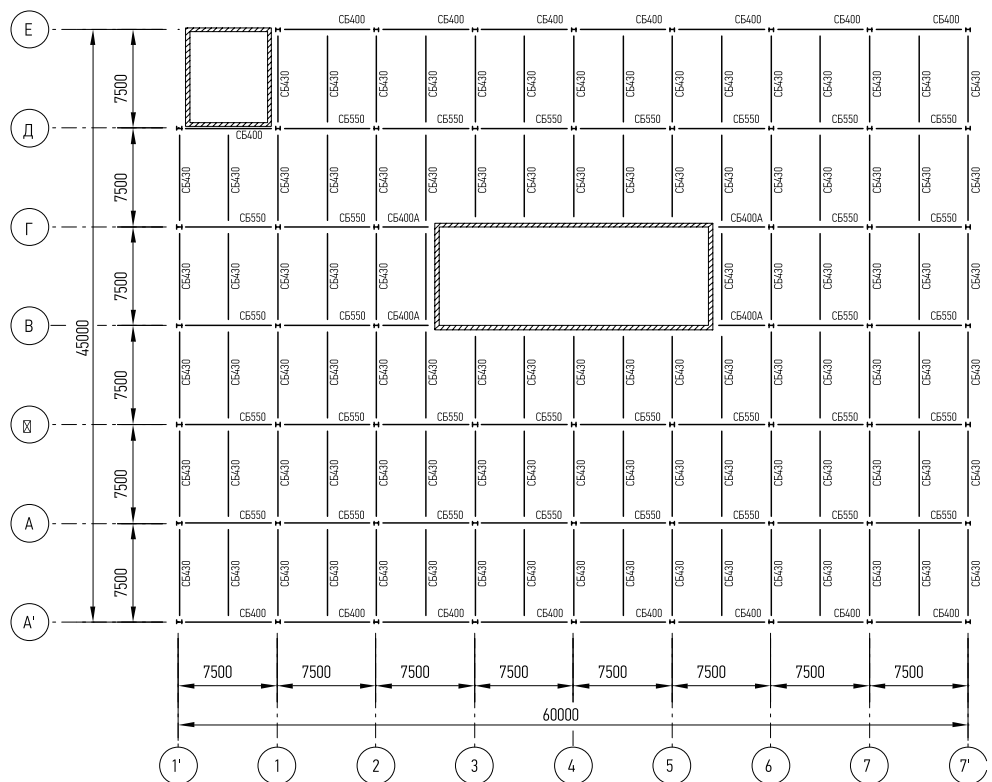


Рисунок 5.3 Маркировочный план балок перекрытия первого этажа для короткопролетной схемы стального каркаса

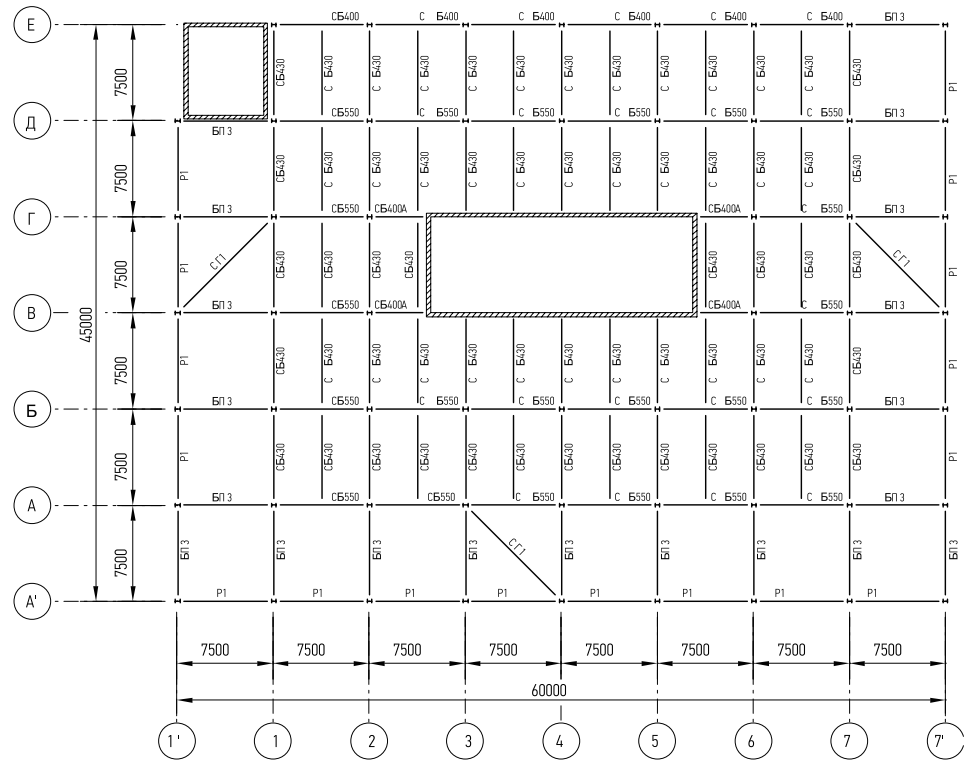


Рисунок 5.4 Маркировочный план несущих конструкций перекрытия для короткопролетной схемы стального каркаса на уровне 2

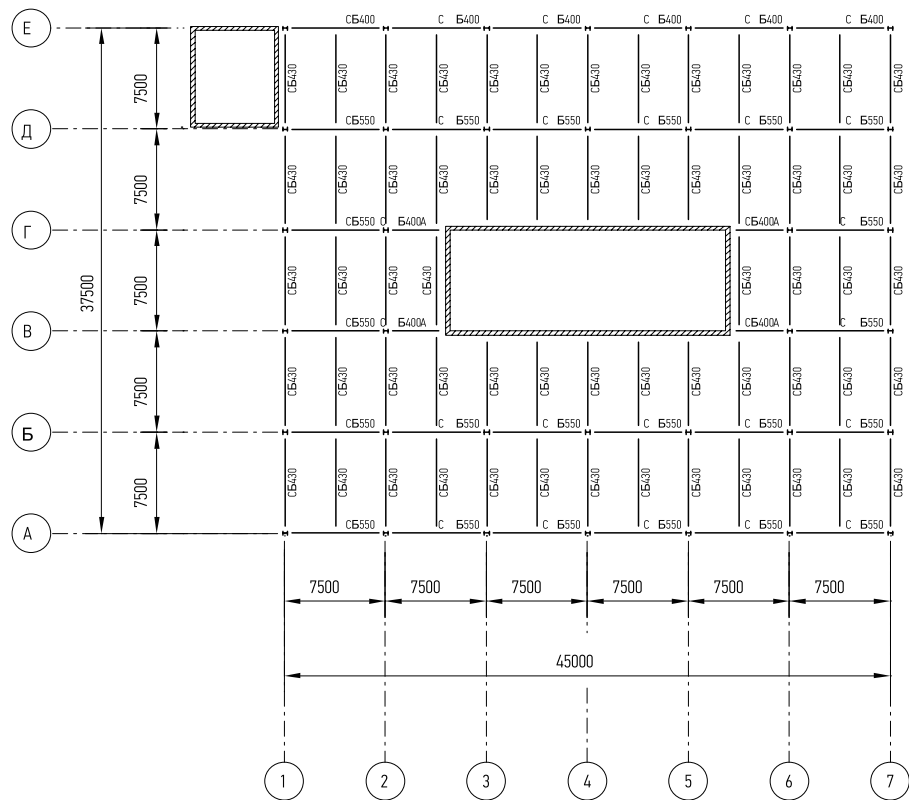


Рисунок 5.5 Маркировочный план несущих конструкций перекрытия типового этажа для короткопролетной схемы стального каркаса (уровни 3-18)

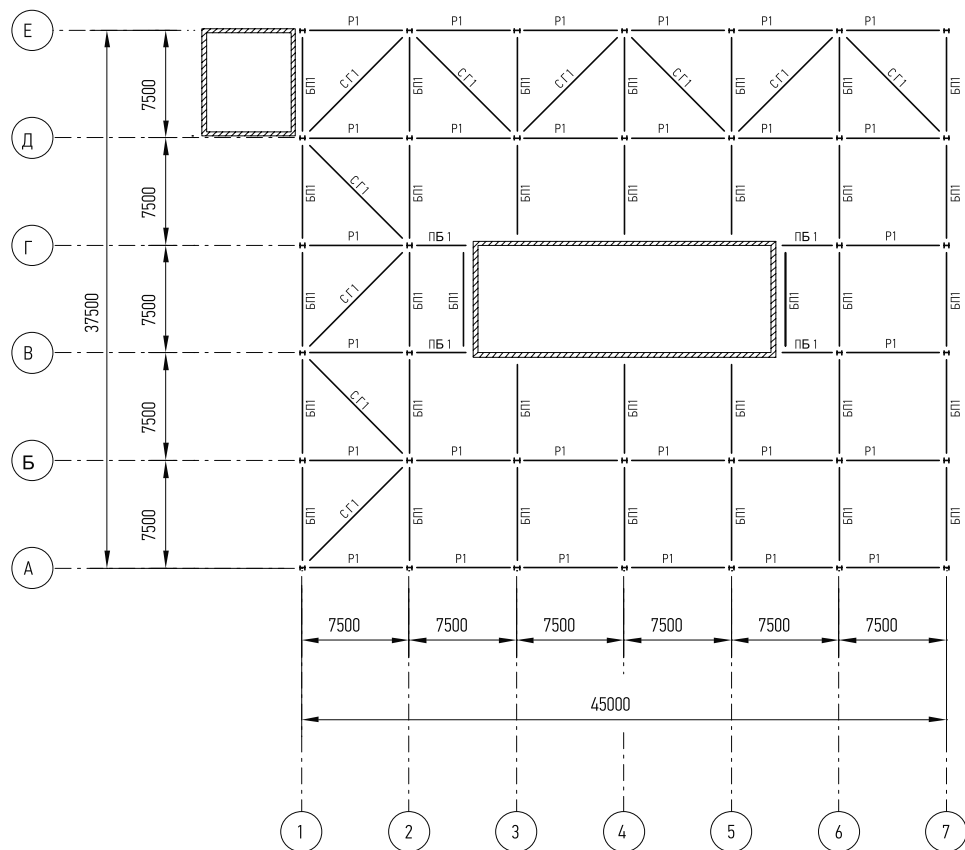


Рисунок 5.6 Маркировочный план несущих конструкций кровли для короткопролетной схемы стального каркаса (уровень 19)

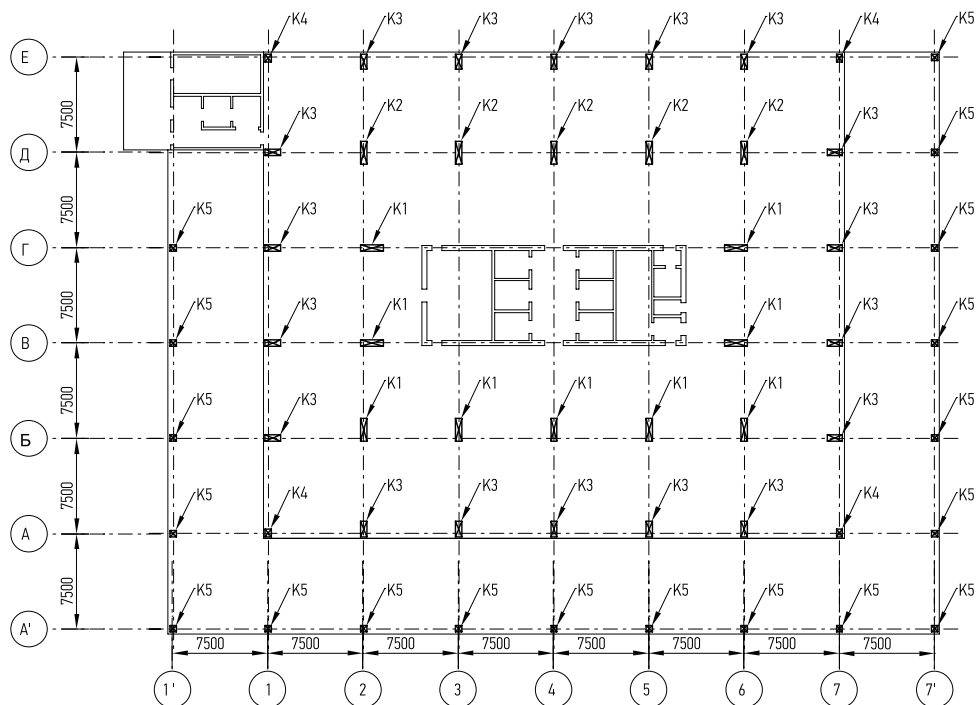


Рисунок 5.9 Монолитный железобетонный каркас с безбалочной системой перекрытия при сетке 7,5х7,5 м. Маркировочный план пилонов на уровнях 0 и 2

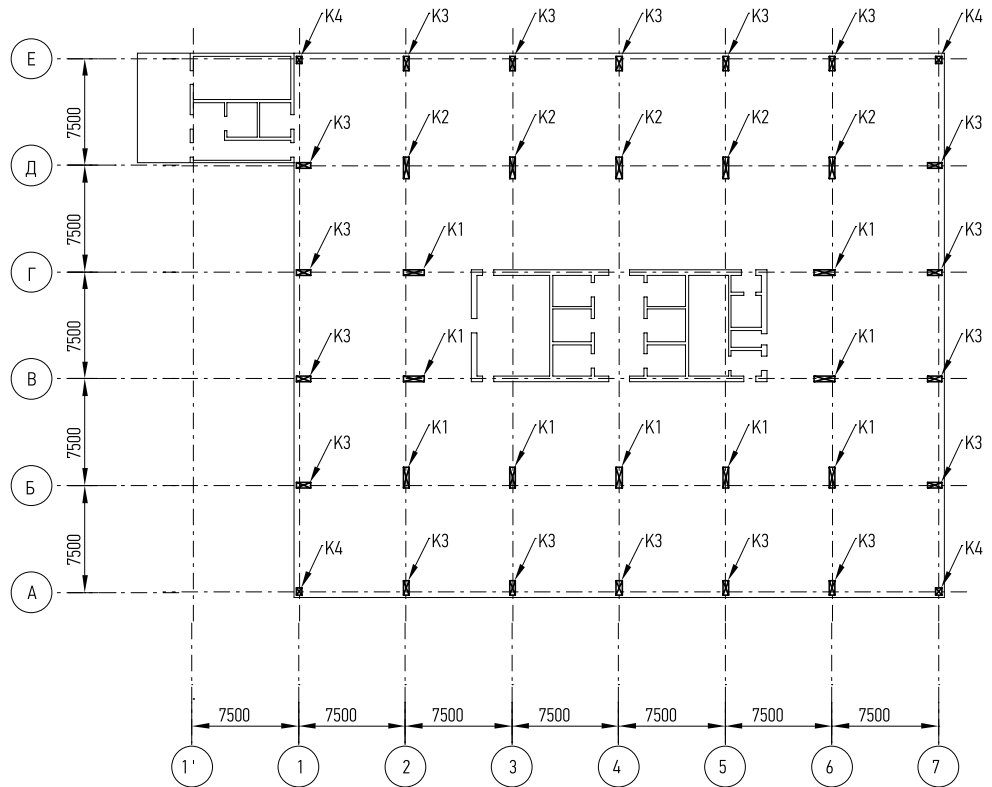


Рисунок 5.10 Монолитный железобетонный каркас с безбалочной системой перекрытия при сетке 7,5x7,5 м.  
Маркировочный план пилонов на уровнях 3-19

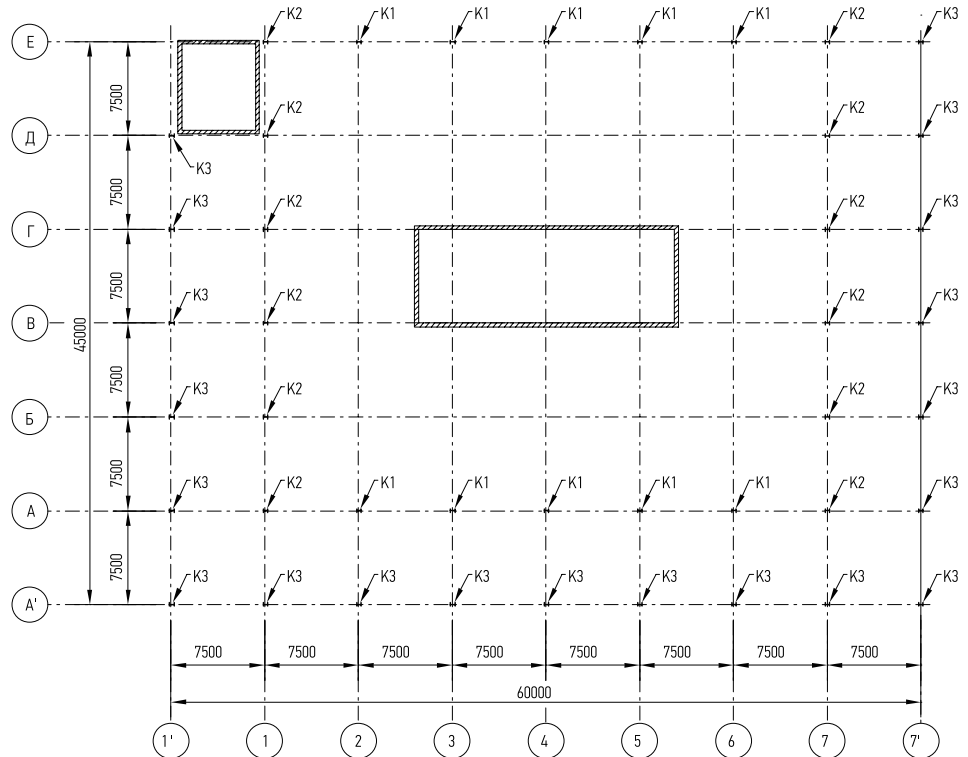


Рисунок 5.12 Вариант каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5x15 м.  
Маркировочный план колонн

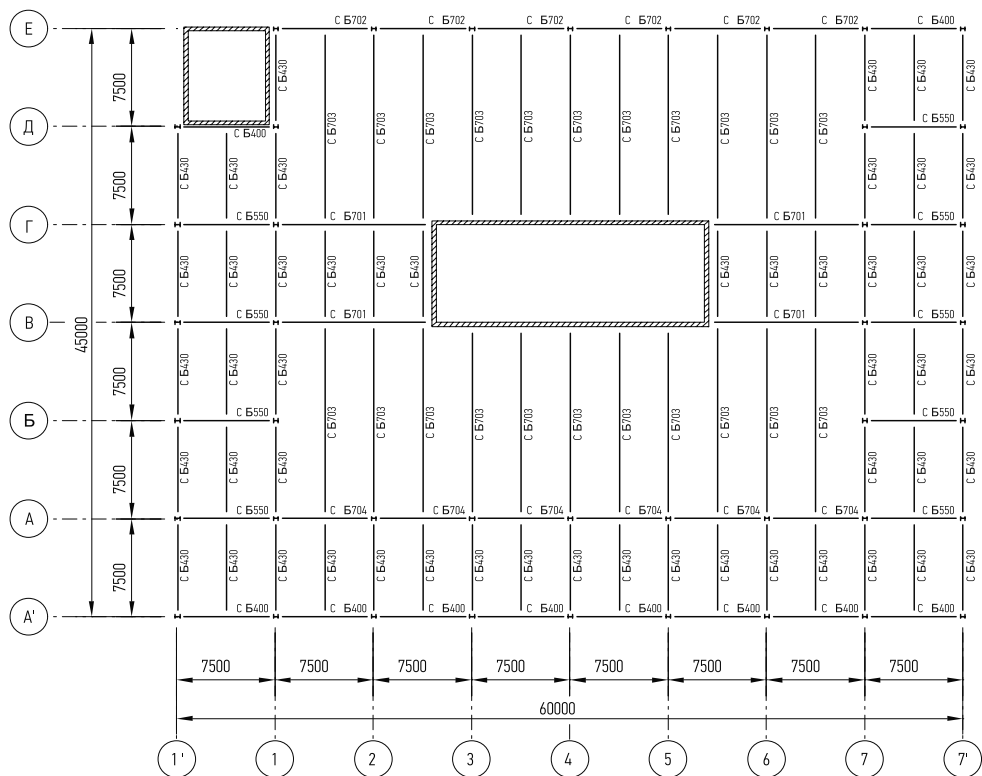


Рисунок 5.13 Вариант каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5 x15 м.  
Маркировочный план несущих конструкций перекрытия первого этажа

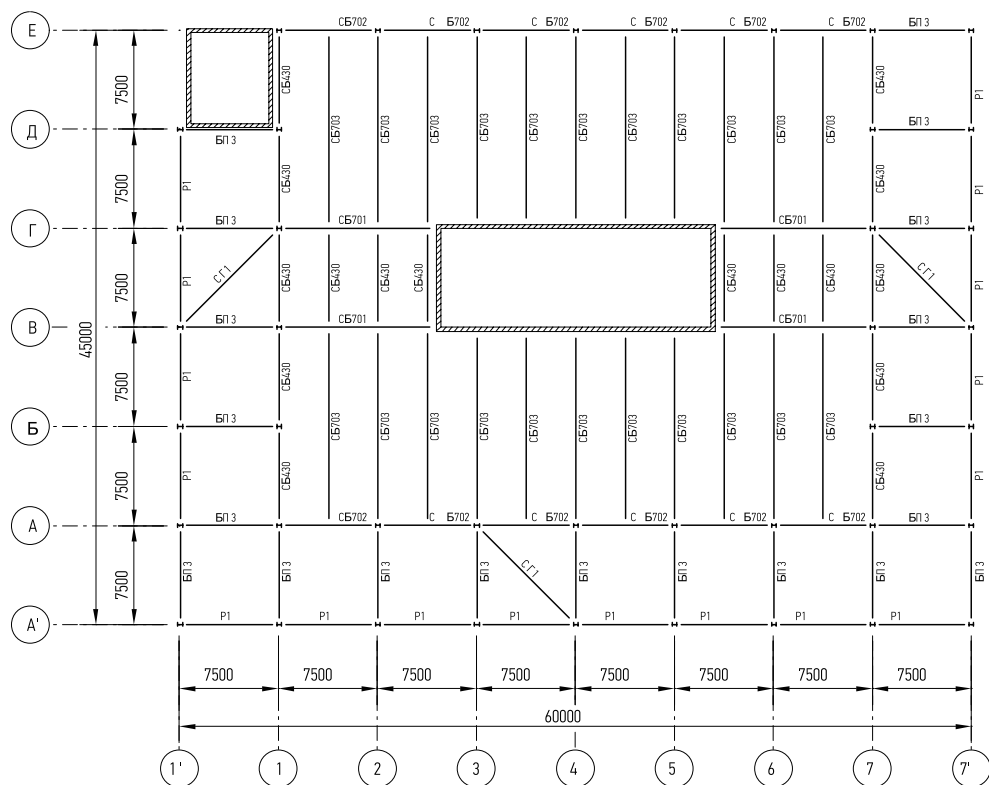


Рисунок 5.14 Вариант каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5x15 м.  
Маркировочный план несущих конструкций перекрытия второго этажа

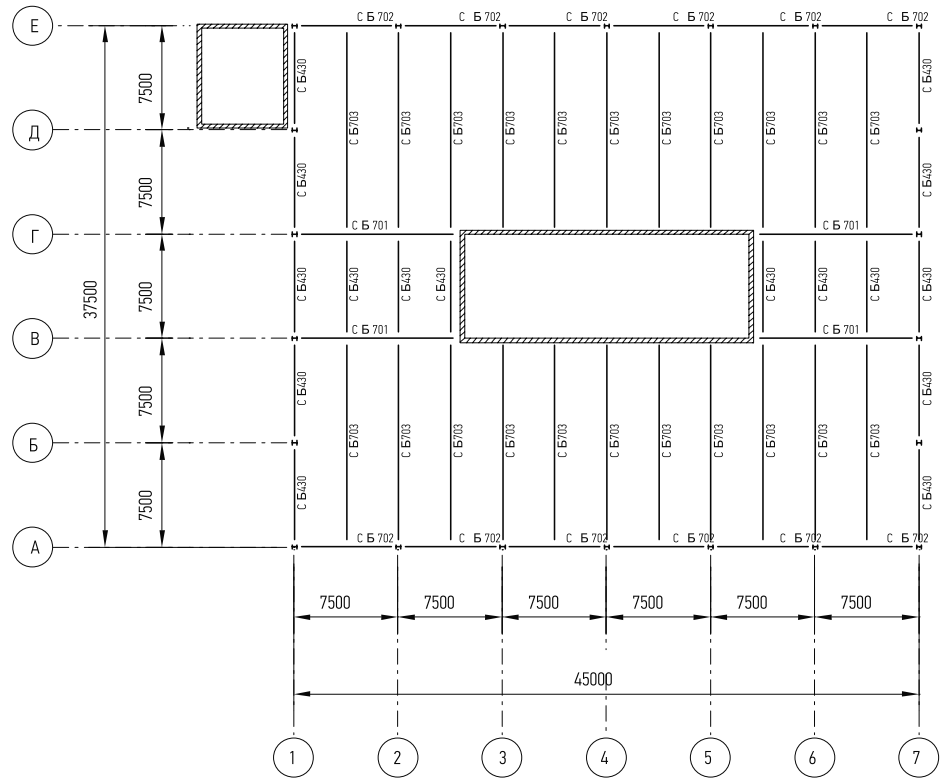


Рисунок 5.15 Вариант каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5х15 м.  
Маркировочный план несущих конструкций перекрытия типового этажа (уровни 3-18)

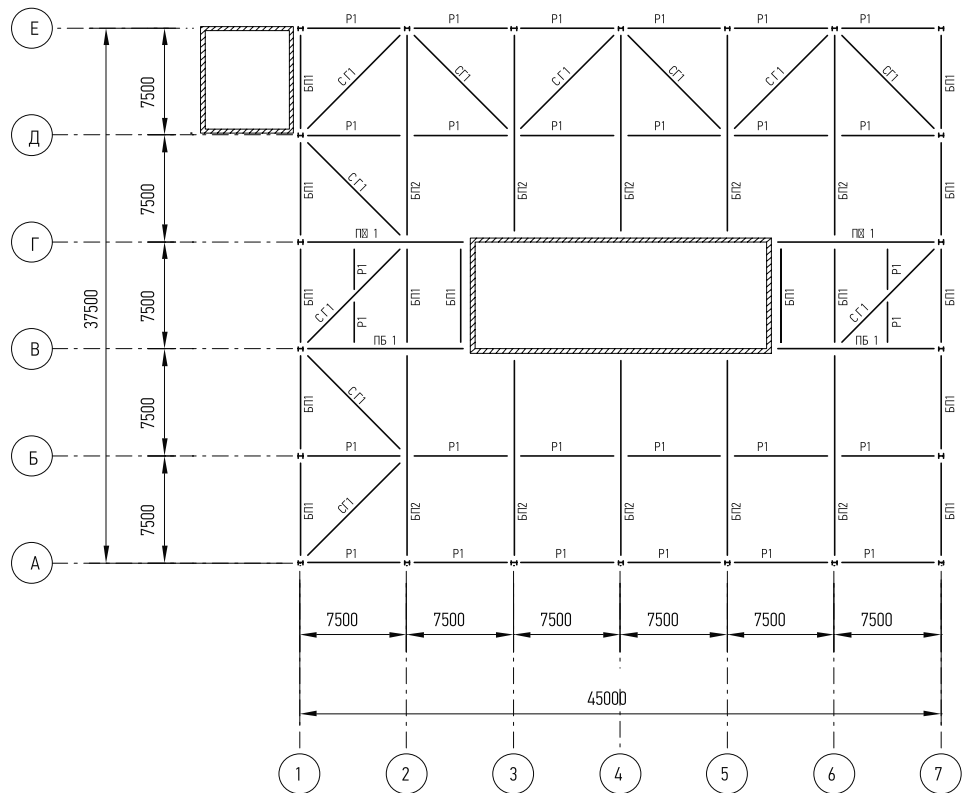


Рисунок 5.16 Вариант каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5х15 м.  
Маркировочный план несущих конструкций кровли

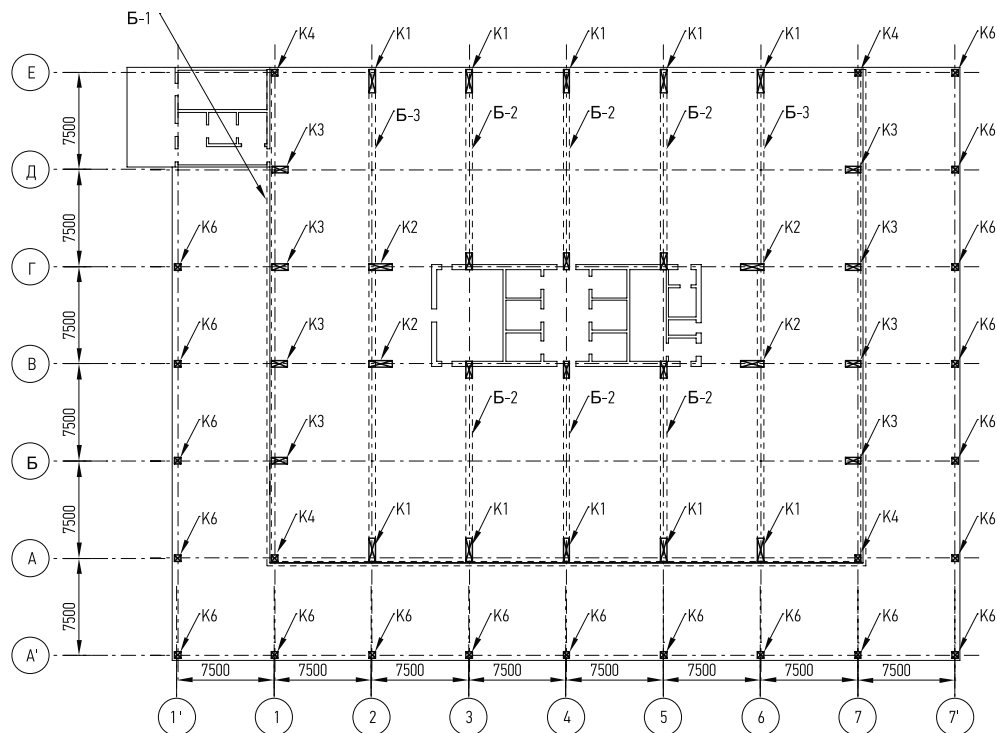


Рисунок 5.19 Монолитный железобетонный каркас с балочной системой перекрытия при сетке 7,5х15 м. Маркировочный план несущих конструкций на уровнях 0-2

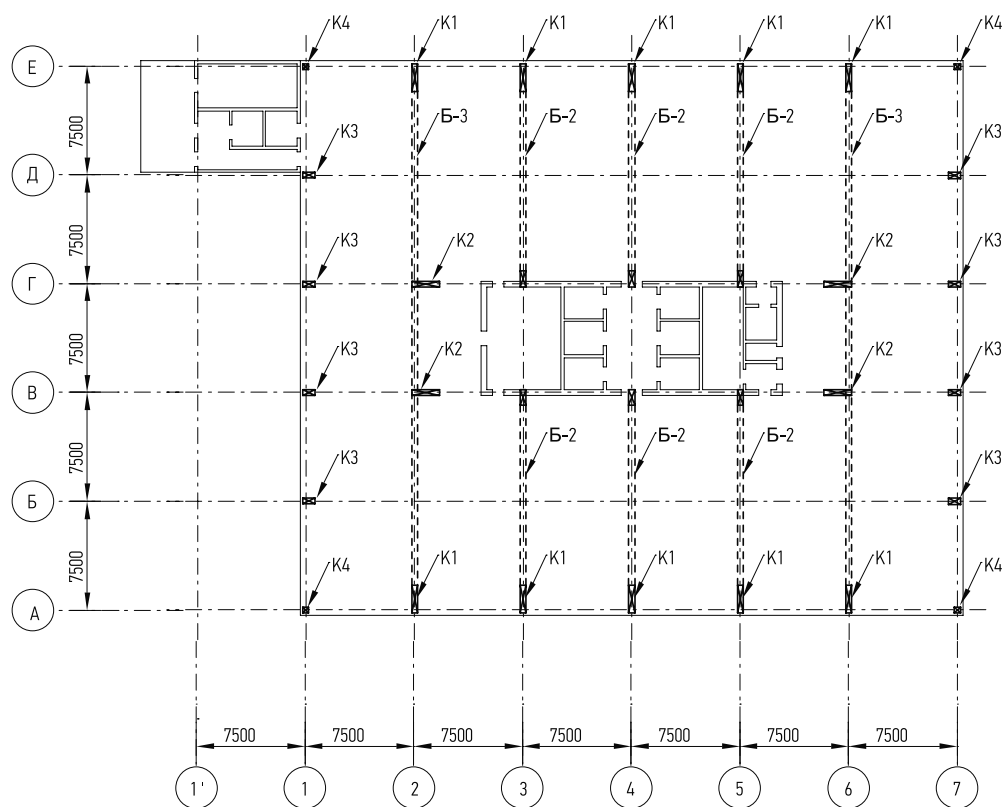


Рисунок 5.20 Монолитный железобетонный каркас с балочной системой перекрытия при сетке 7,5 х15 м. Маркировочный план несущих конструкций на уровнях 3-19

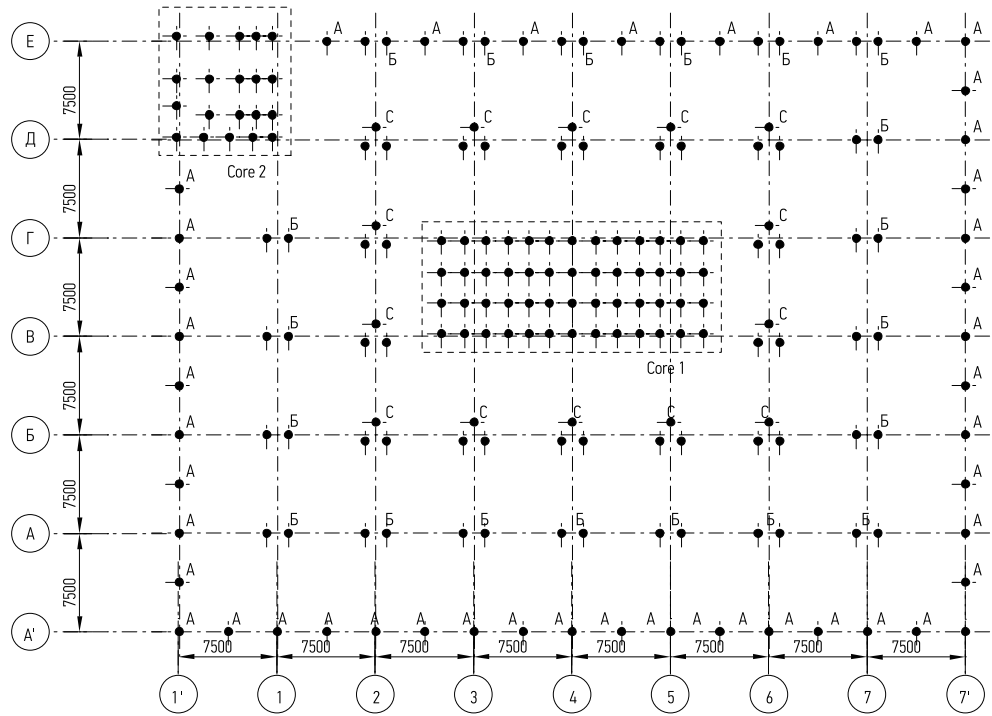


Рисунок 5.21 Схема расположения свай для варианта каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5х7,5 м

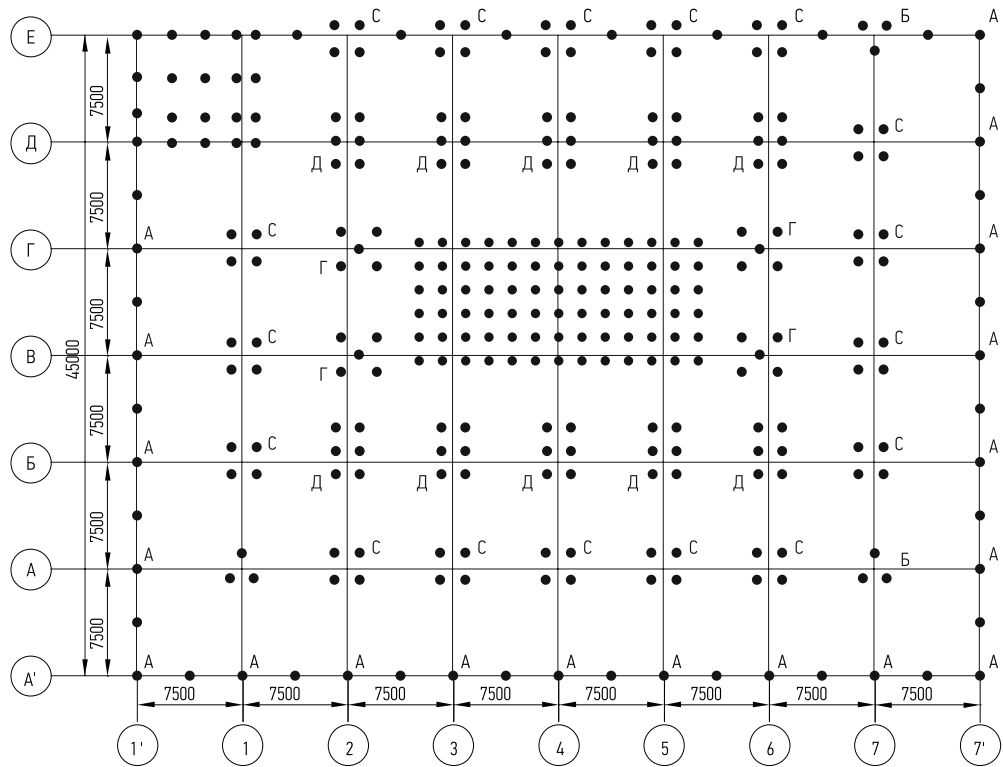


Рисунок 5.22 Схема расположения свай при варианте монолитного железобетонного каркаса с сеткой 7,5х7,5 м



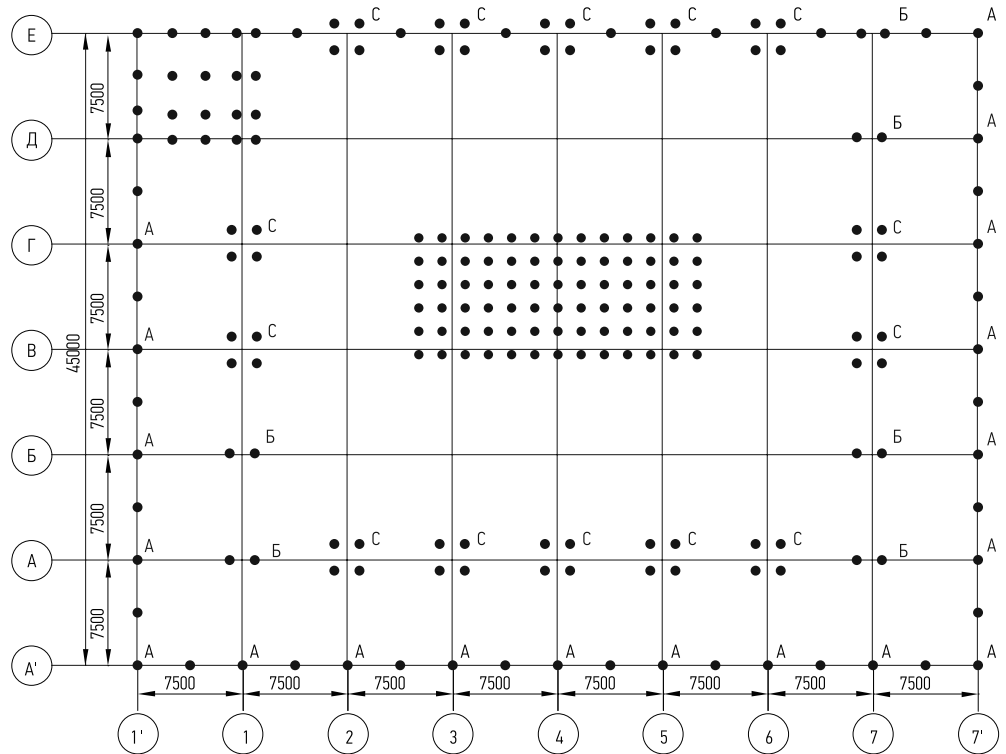


Рисунок 5.23 Схема расположения свай для варианта каркаса с применением стальных конструкций при сетке 7,5x15 м

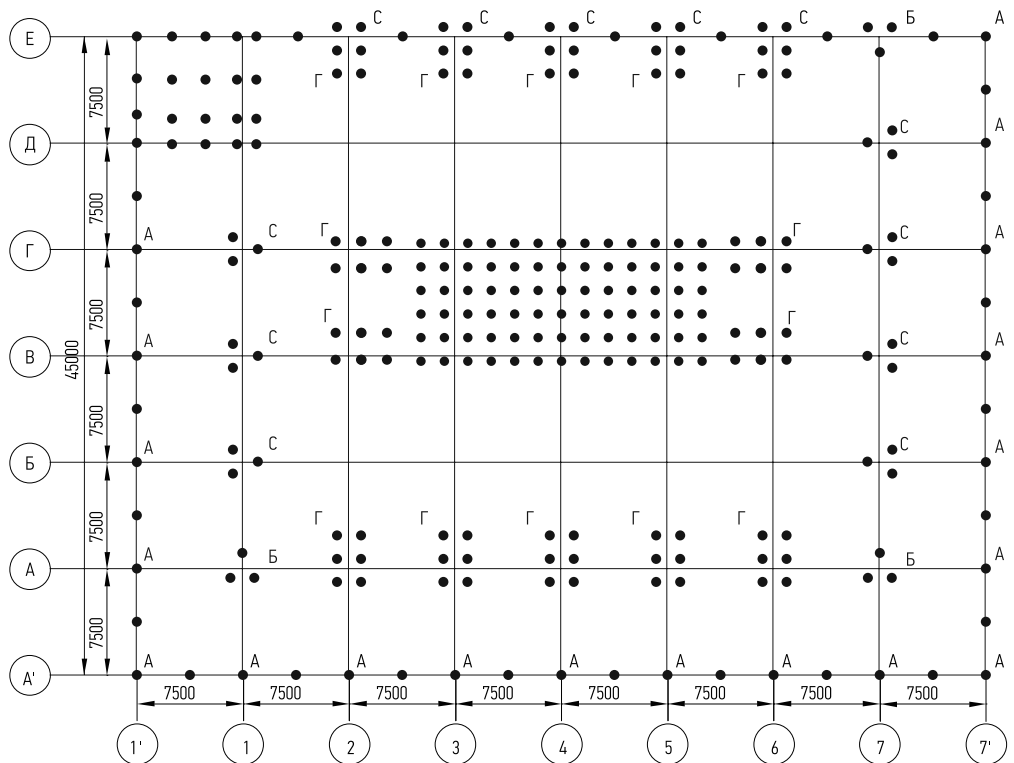


Рисунок 5.24 Схема расположения свай при варианте монолитного железобетонного каркаса с сеткой 7,5x15 м



**РАЗДЕЛ 6  
ПРОГРАММА  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

## 6.1 Исходные положения

Учитывая цель и задачи исследования, разработка номенклатуры и последовательности выполнения строительно-монтажных работ, а также определение сроков строительства основывались на следующих принятых положениях:

- Для всех вариантов конструктивных решений применяются одинаковые принципы технологии и организации строительного производства. Принятая схема возведения укрупненно предусматривает первоочередное обустройство фундаментов и подземной части здания, после чего выполняется надземный каркас.
- В учет берутся только основные статьи затрат и основные этапы процесса, сопутствующие циклу возведения здания. Первоочередное внимание уделялось тем позициям, которые зависят от конструктивного решения каркаса здания и различны для вариантов каркаса.
- Для всех альтернатив предусмотрены одинаковые виды строительных работ и их последовательность, а также используются одинаковые комплекты строительно-монтажных механизмов и приспособлений.
- Считается, что при строительстве предусмотрен предварительный заказ всех материалов, технологического оборудования и ограждающих конструкций. Это исключает технологические перерывы и простои оборудования из-за необеспеченности ресурсами.
- Оснащение и комплектность бригад производится в должном объеме таким образом, чтобы обеспечить равномерность потоков и освоение фронта строительно-монтажных работ.
- Для обустройства монолитных железобетонных конструкций используются сварные каркасы заводского изготовления и вязанные на строительном участке. Подача бетонной смеси обеспечивается бетононасосом.
- Отправные марки колонн стального каркаса имеют высоту на три этажа. Балки, в т.ч. для длиннопролетной схемы, поставляются на строительный участок согласно графику строительства едиными отправными марками.
- Подача материалов и элементов конструкций на высоту осуществляется двумя башенными кранами, установленными по противоположным торцам здания. Максимальная ориентировочная производительность каждого крана 100 подъемов в день.
- Для плоскостных монолитных плит перекрытий используются технологичная высокооборотная крупноблочная модульная сборная опалубка.
- Технологическое и инженерное оборудование, внутреннее заполнение и фасадные системы монтируются в здании башенным краном только после полного завершения работ по основному несущему каркасу с подачей на консольные подмости.

Определение сроков строительства не включало в себя пуско-наладочные работы и работы по внешним улучшениям, таким как сети, озеленение и благоустройство территории, подъездные пути и т.п.

## 6.2 Принятые нормы времени выполнения строительно-монтажных работ

В настоящем исследовании с целью наибольшего приближения к реальным условиям нормы времени выполнения строительно-монтажных работ были приняты по сведенным результатам предложений подрядчиков и опыту возведения аналогичных конструкций.

Монтаж металлоконструкций:

- Колонны до 30 элементов в день на бригаду.
- Балки до 50 элементов в день на бригаду.
- Связи до 40 элементов в день на бригаду.

Укладка настила и приваривание анкеров непосредственно через настил:

- Монтаж профилированного настила для плит перекрытия, с пролетами не требующими подведения дополнительных временных опор – до 400 м<sup>2</sup> в день на бригаду.
- Приваривание упорных анкеров непосредственно через профилированный настил к балкам – до 400 м<sup>2</sup> в день на бригаду.

Бетонные работы:

- Подача смеси одним насосом при использовании стального настила – 1 120 м<sup>3</sup> в день на бригаду.
- При использовании опалубки – 300 м<sup>3</sup> в день на бригаду.
- Монтаж опалубки – 400-600 м<sup>2</sup> в день на бригаду.
- Установка арматурных каркасов – 0,4-0,75 т в день на бригаду.

Огнезащита стальных конструкций:

- Обустройство огнезащитных плит – 25-35 м<sup>2</sup> в день на 1-го рабочего.
- Цементное и вермикулитовое напыление толщиной до 2-40 м<sup>2</sup> в день на 1-го рабочего.
- Покраска огнезащитным пленочным покрытием линейных элементов – 0,75-1,5 пог. м/ч на 1 слой на 1-го рабочего.

### 6.3 Технология и порядок проведения работ

Состав и последовательность проведения строительно-монтажных работ показаны в табл. 6.1, а также проиллюстрированы на календарных графиках рис. 6.1-6.4.

Результаты расчета показали, что общая ориентировочная продолжительность строительства для альтернатив с применением стальных конструкций практически одинаковая – 130 недель для короткопролетной схемы и 126 недель – для длиннопролетной. Время возведения здания при решении каркаса в монолитном железобетоне намного больше и достигает 151 недели. Таким образом, использование стальных конструкций в сочетании с длиннопролетной малоэлементной компоновкой схемы позволяет сократить срок строительства на 20 % по сравнению с железобетонным вариантом решения каркаса. Для выполнения работ по самому надземному каркасу требуется от 22 недель при его выполнении в металлических конструкциях, и до 46 недель – при выполнении в железобетонных.

Технология, объемы и продолжительность проведения работ для всех иных составляющих элементов здания – отделки, установки инженерного оборудования, прокладки коммуникаций и т.п. – являются одинаковыми для всех альтернатив и не зависят от конструктивной схемы.

Таблица 6.1 Время и сроки строительства для различных альтернатив

Этап строительства	Короткопролетная схема (7,5x7,5 м)		Длиннопролетная схема (7,5x15 м)	
	Стальной каркас	Железобетонный каркас	Стальной каркас	Железобетонный каркас
Подготовка площадки и работы нулевого цикла	9 недель			
Подземная часть здания	24 недели			
Надземный каркас	26 недель	46 недель	22 недели	46 недель
Ограждающие конструкции	27 недель			
Завершение кровли на неделе №	70	91	65	89
Окончание строительства на неделе №	130	151	126	151

Из табл. 6.1 видно, что использование стального каркаса позволяет установку ограждающих конструкций и кровли на более раннем этапе, чем в железобетонном варианте каркаса – с опережением на 21 и 42 недели для короткопролетной и длиннопролетной схем соответственно. Это приводит к значительному снижению рисков, связанных с воздействием на незащищенный каркас погодных условий, и позволяет раньше начать внутренние отделочные работы. Такое обстоятельство является значительным преимуществом в условиях холодной зимы и жаркого лета в Украине и позволяет сберечь средства и качество конструкций.

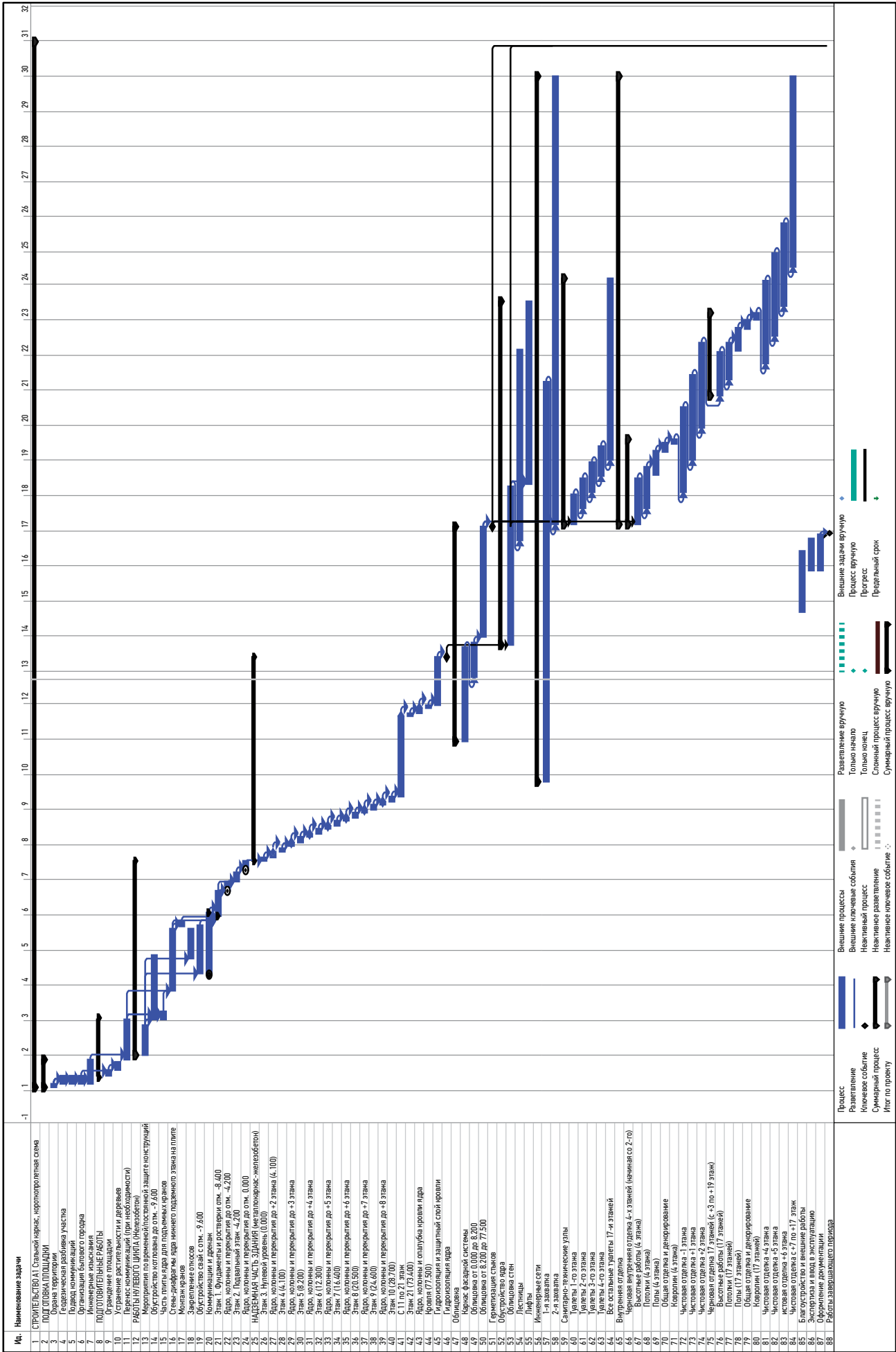


Рисунок 6.1. Календарный график выполнения строительно-монтажных работ при короткопролётной схеме каркаса с применением стальных конструкций

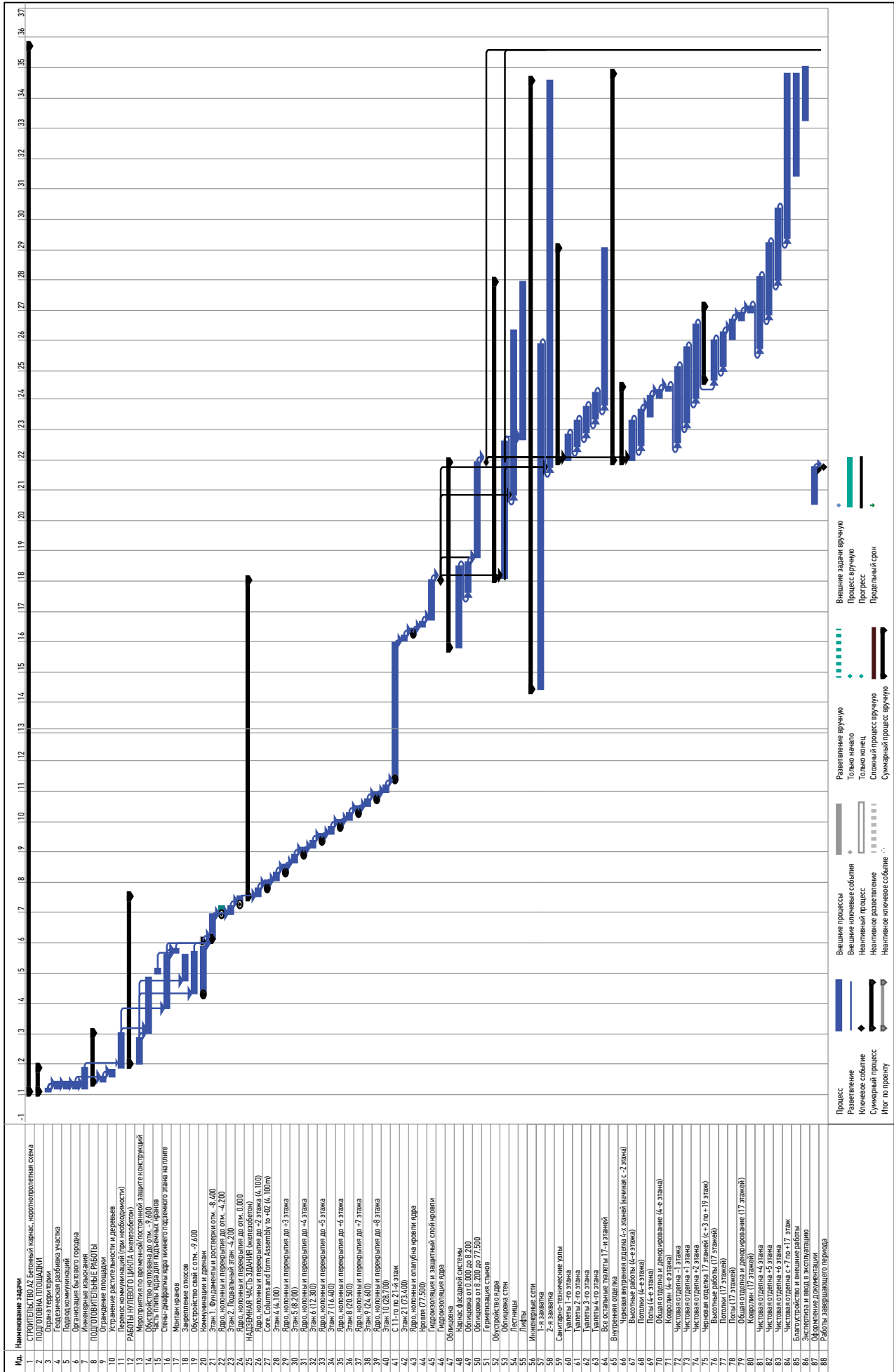


Рисунок 6.2 Календарный график выполнения строительно-монтажных работ при короткопроектной схеме каркаса в монолитном железобетоне

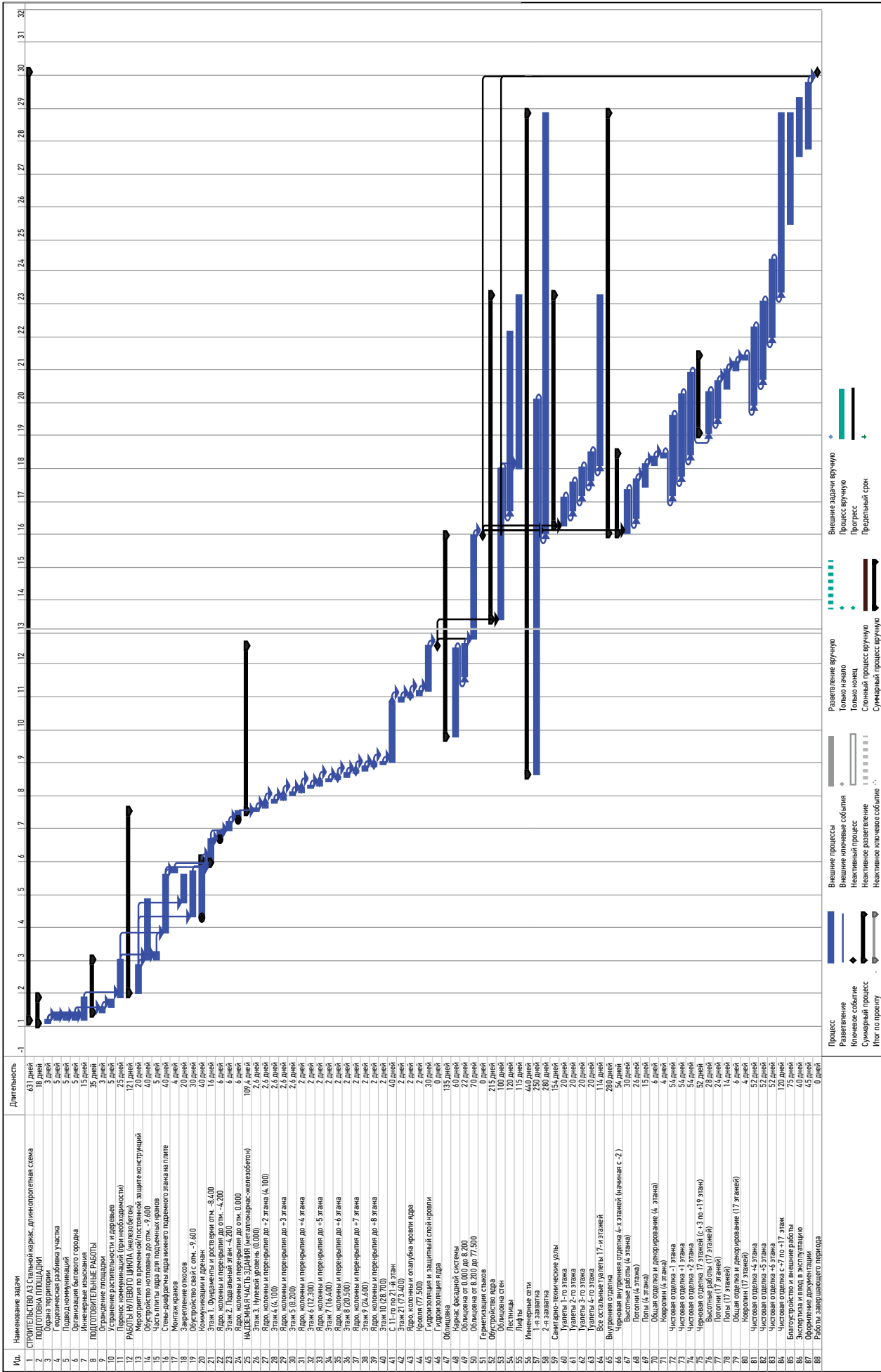


Рисунок 6.3 Календарный график выполнения строительно-монтажных работ при длиннопролётной схеме каркаса с применением стальных конструкций



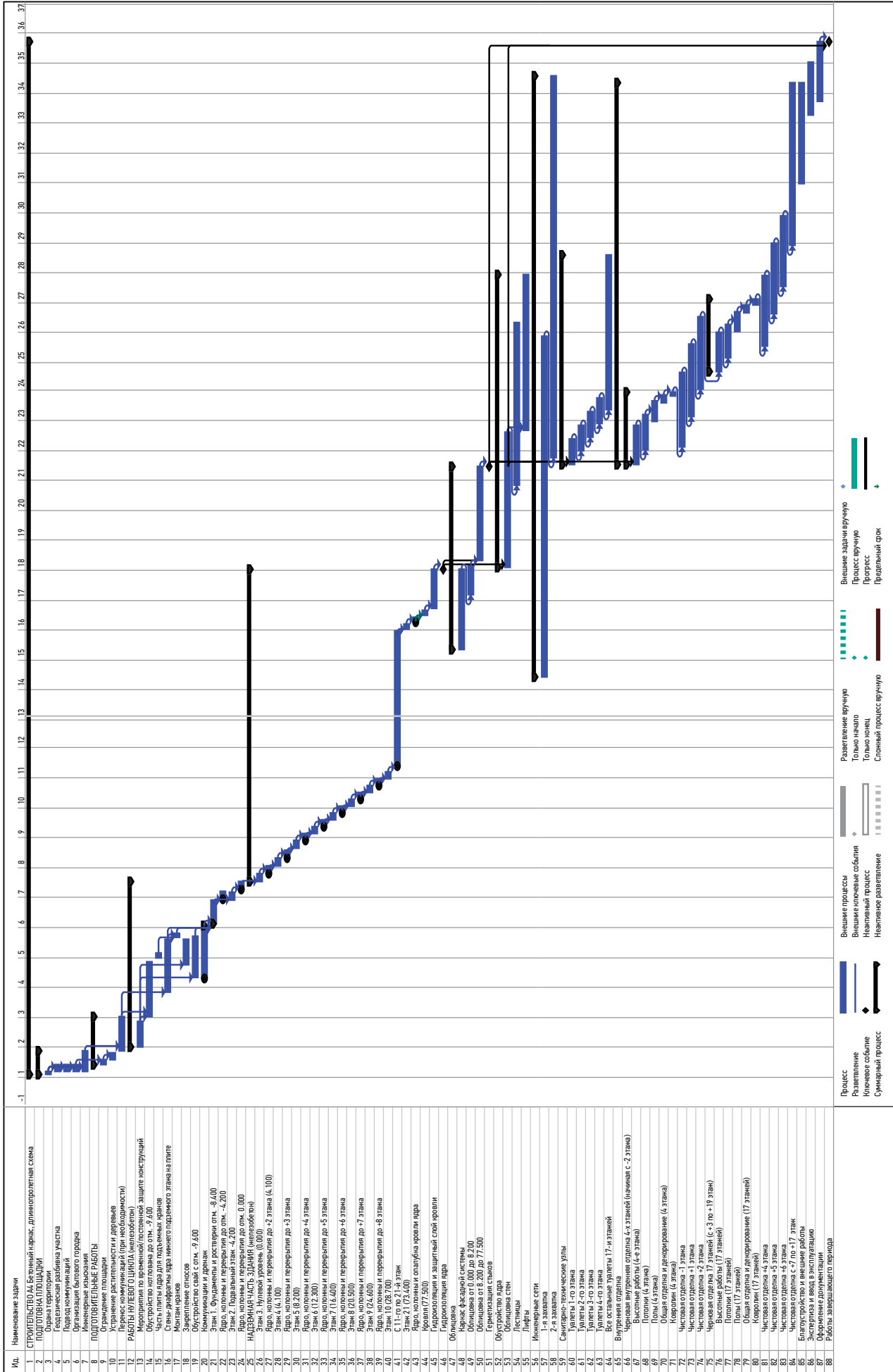


Рисунок 6.4. Календарный график выполнения строительно-монтажных работ при длиннопролетной схеме каркаса в монолитном железобетоне



**РАЗДЕЛ 7  
ЗАТРАТЫ НА  
СТРОИТЕЛЬСТВО**

В основу исследования были заложены наиболее эффективные конструктивные решения для каждого рассматриваемого варианта каркаса здания. Для девелопера важно найти оптимальное решение, которое бы обеспечивало максимальную экономическую выгоду. Для этого должны быть применены соответствующие экономические модели сравнения.

Сравнительный анализ общей стоимости различных конструктивных решений – всегда достаточно сложный процесс ввиду наличия большого количества различных факторов, которые необходимо принять во внимание. Ситуация значительно усложняется тем обстоятельством, что современное многоэтажное офисное здание само по себе является многокомпонентной комплексной системой. Каждый из компонентов влияет на структуру стоимости, что еще больше обосновывает актуальность детального экономического анализа при выборе оптимальных конструктивных решений на стадии концепции.

Окончательная фактическая стоимость здания всегда связана с оптимизацией затрат во время возведения и непредвиденными статьями расходов, поэтому всегда отличается от сметной стоимости. Тем не менее, настоящее исследование не утрачивает свою актуальность, т.к. упомянутые обстоятельства при их наличии будут иметь практически одинаковое поправочное влияние на все альтернативы конструктивных решений. Кроме того, непредвиденные расходы в данном исследовании учтены отдельным пунктом затрат.

При комплексном расчете стоимости принималась во внимание разница трудоемкости и материальных затрат для различных решений, влияние их конструктивных особенностей на стоимость второстепенных элементов, а также взаимосвязь стоимости со скоростью строительства.

По каждому варианту был произведен конструктивный анализ и все необходимые расчеты основных элементов несущего каркаса и фундаментов, на основе чего вычислены объемы материалов и работ. Потребности в материалах и трудоемкость для второстепенных, ограждающих конструкций, заполнения, отделки и всех других позиций были рассчитаны исходя из архитектурно-планировочных решений и приняты согласно техническому заданию и данным объектов-аналогов. Данные относительно необходимого оборудования и оснащения здания были получены таким же способом на основе известных удельных показателей. Отдельно были рассчитаны суммы затрат подготовительного периода и непредвиденные расходы, составляющие некоторый фиксированный принятый процент от общей стоимости здания исходя из практики строительства.

## 7.1 Принятая методика ценообразования

Проект описывает потенциальное офисное здание класса «А», планирующееся к постройке в центральном деловом районе Киева. Поэтому принятые решения относительно номенклатуры позиций, применяемых материалов и уровень цен соответствуют девелоперским стандартам для офисных зданий высшего класса, организованных по принципу открытого пространства.

Все расценки, используемые для различных решений, были приняты по состоянию на 1 кв. 2013 г. для условий строительства в центре Киева рыночным методом путем опроса поставщиков материалов и услуг. Некоторые позиции цен были получены по данным предложений недавно проведенных тендеров на аналогичные здания. Безусловно, принятые в данном исследовании расценки подвержены колебаниям, в зависимости от сложности проекта и ситуации на рынке. При расчетах для принятия реальных управленческих решений о возможности инвестирования они подлежат уточнению и актуализации.

Основные расценки, используемые в проекте, представлены в табл. 8.2.

## 7.2 Рыночные условия

Украинская строительная отрасль переживает сложный период, который последовал за финансовым кризисом 2008 г. Однако многие строительные компании и поставщики смогли приспособиться к изменяющимся условиям благодаря улучшению эффективности работы и использованию новых технологий. Также переоснащать основные производственные фонды заставляет компании-участники строительного рынка образовавшаяся плотная конкурентная среда. Производители строительных материалов все более ориентируются на потребности и развитие внутренних рынков сбыта. Кроме того, ожидается приток внешних инвестиций в связи с внешнеполитической ориентацией Украины и повышением интереса к ней со стороны европейского сообщества.

## 7.3 Стоимость основных подготовительных работ

Как правило, стоимость основных подготовительных работ, включая управление строительными работами и оборудование строительной площадки, составляет около 7 % от общей стоимости. Кроме того, в эту стоимость включаются затраты на технологическое оборудование и учет того, что работы ведутся в сложных условиях г. Киева.

## 7.4 Экономия, достигаемая сокращением продолжительности строительства

Строго говоря, ожидаемая прибыль от строительного объекта всегда очень сильно зависит от выбранной стратегии инвестора и позиционированию им своего продукта на рынке. Однако в то же время следует признать, что экономический эффект, получаемый благодаря более скорому завершению строительных работ, является положительным при любой стратегии инвестирования.

### 7.4.1 Снижение стоимости заемных средств

При привлечении заемных средств финансовые расходы на реализацию проекта могут значительно возрасти. На финансовые расходы влияют размер процентной ставки и период займа, который, в свою очередь, определяется скоростью строительства. В целях сравнения вариантов финансовые расходы по кредитованию приняты 15 %, исходя из стоимости заемных средств. Далее данная сумма уменьшается пропорционально сокращению периода строительства по сравнению с наиболее длительным периодом.

Но даже при финансировании строительства без привлечения кредитных средств более длительные сроки строительства приводят к т.н. «издержкам утраченных возможностей», связанным с невозможностью дальнейшего инвестирования либо уходом потенциальных арендаторов или покупателей, не имеющих возможности ждать так долго.

### 7.4.2 Быстрая окупаемость

При достаточно высоком спросе на офисы класса «А» раннее завершение строительства позволяет быстрее возвращать инвестиции доходом от аренды, а также таким образом компенсировать стоимость заемных средств. Для целей настоящего пилотного исследования в расчет не включены механизмы возврата инвестиций от более ранней сдачи здания в аренду: во внимание принимается только сокращение стоимости заемных средств. Учет разницы прибыли от аренды может стать тематикой для отдельного дальнейшего изучения.

### 7.4.3 Сокращение административных расходов

Тогда как стоимость основных подготовительных работ рассчитывается в процентном соотношении к общей стоимости строительства, расходы клиента как управленческой команды в общем, так и непосредственно команды управления проектом, связанные непосредственно с этапом строительства, прямо пропорциональны времени строительства. Сокращение сроков строительства на 20 % (около 25 недель) в таком случае приведет к 20 %-му снижению затрат клиента на управление проектом и на содержание службы заказчика.

## 7.5 Вариант каркаса с применением стальных конструкций

Основные единичные расценки, принятые для расчета стоимостных параметров вариантов несущего каркаса с применением стальных конструкций, представлены в табл. 7.1.

Цены на противопожарную защиту и второстепенные конструктивные элементы приведены в табл. 7.2. Принятая структура себестоимости стальных конструкций включает затраты на проектирование, изготовление, транспортировку и монтаж, но не включает покрасочные работы.

Таблица 7.1 Основные расценки на каркас с применением стальных несущих конструкций

Наименование	Ед. изм.	Цена (грн. без НДС)	
		Короткопролетная схема	Длиннопролетная схема
Несущие стальные конструкции:			
Горячекатаные стальные уголки С245	тн	15 600	15 600
Элементы, изготовленные из горячекатаного листа С245	тн	13 600	13 760
Элементы, изготовленные из горячекатаного листа С345	тн	14 400	14 560
Полые профили круглого сечения С245	тн	15 600	15 600

Таблица 7.2 Основные расценки на противопожарную защиту и другие компоненты, относящиеся к стальному каркасу и перекрытиям

Наименование	Ед. изм.	Цена (грн. без НДС)	
		Короткопролетная схема	Длиннопролетная схема
<b>Противопожарная защита:</b>			
Вспучивающиеся покрытия R30 (типа Phoenix STS)	м <sup>2</sup>	-	-
Вспучивающиеся покрытия R60 (типа Phoenix STS)	м <sup>2</sup>	203	200
Вспучивающиеся покрытия R45 (типа Endoterm 400202)	м <sup>2</sup>	-	-
Вспучивающиеся покрытия R60 (типа Endoterm 400202)	м <sup>2</sup>	212	199
Вермикулитное напыление R120 (типа Neospray)	м <sup>2</sup>	-	-
Вермикулитное напыление R150 (типа Neospray)	м <sup>2</sup>	383	383
Вермикулитная плита R120 (типа Escoplast, 2 листа по 40 мм)	м <sup>2</sup>	-	-
Вермикулитная плита R150 (типа Escoplast, 2 листа по 50 мм)	м <sup>2</sup>	849	849
Огнезащитная штукатурка R120 (типа Endoterm 210104)	м <sup>2</sup>	-	-
Огнезащитная штукатурка R150 (типа Endoterm 210104)	м <sup>2</sup>	421	421
<b>Второстепенные конструктивные элементы:</b>			
Бетон, марка С30/35, подается насосом	м <sup>3</sup>	1 480	1 480
Профилированный стальной настил, Н75 с толщиной 0,9 мм	м <sup>2</sup>	144	144
Стержневая арматура, класс А240С	тн	8 304	8 304
Стержневая арматура, класс А400С	тн	5 896	5 896

Стоимость противопожарной защиты, стального профилированного настила и иных элементов также получена по результатам недавних тендеров и данных специализированных поставщиков.

## 7.6 Железобетонный каркас

Основные расценки на основные конструктивные элементы, используемые в надземной части каркаса железобетонного варианта схемы, приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3 Основные расценки, используемые для определения стоимости элементов железобетонного монолитного каркаса

Наименование	Ед. изм.	Цена (грн. без НДС)	
		Короткопролетная схема	Длиннопролетная схема
<b>Железобетонные монолитные перекрытия:</b>			
Плита толщиной 250 мм, бетон С30/37	м <sup>2</sup>	752	752
Балка 400х850 мм, бетон С30/37 с учетом армирования 281 кг/м <sup>3</sup> , опалубки и работ, смесь подается насосом	пог. м	-	1608
Балка 500х850 мм, бетон С30/37, с учетом армирования 281 кг/м <sup>3</sup> , опалубки и работ, смесь подается насосом	м	-	2008
Балка 620х320 мм, бетон С30/37, с учетом армирования 164 кг/м <sup>3</sup> , опалубки и работ, смесь подается насосом	м	968	968
<b>Колонны, пилоны и стены</b>			
1800х500; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	3 608	-
1200х500; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	2 408	-
600х500; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	1 208	-
1500х400; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	2 408	-
1000х400; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	1 608	-
600х500; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	1 208	-
500х400; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	808	-
400х400; армирование 184 кг/м <sup>3</sup>	м	488	-
2000х500; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	4 008
1300х500; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	2 608
1000х500; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	2 008
500х500; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	1 008
1950х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	3 128
1900х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	3 048
1800х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	2 888
1600х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	2 568
1500х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	2 408
1100х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	1 768
800х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	1 288
600х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	968
400х400; армирование 181 кг/м <sup>3</sup>	м	-	640
Стена толщиной 200 мм	м <sup>2</sup>	704	704
Стена толщиной 400 мм	м <sup>2</sup>	1 112	1 112

Расценки на иные конструктивные элементы железобетонного каркаса, не вошедшие в таблицу, в т.ч. на фундаменты, цоколь, подземные этажи и кровлю, получены из данных недавних тендерных предложений по аналогичным объектам, а также рыночным методом из открытых доступных источников по состоянию на 1 кв. 2013 г. для условий строительства в центральном бизнес-районе Киева. Таким же образом взяты расценки и стоимость общестроительных работ – земляных, арматурных, опалубочных и др.

## 7.7 Неконструктивные элементы

Единичные удельные расценки на отдельные позиции, составляющие стоимость здания, приведены по данным компании Thomas&Adamson. Расценки основываются на данных, изложенных выше в разделе 2, и взяты в формате и количестве, достаточном и необходимом для девелопера при анализе альтернативных вариантов для принятия решения. Номенклатура позиций соответствует стандартным офисным помещениям класса «А», спроектированным по принципу открытого пространства.

В общую стоимость включены также непредвиденные расходы, позволяющие приблизить полученные результаты к реальной стоимости здания.

Стоимость прокладки инженерных и электрических сетей для каждого здания рассчитывается с учетом всего объема здания, ядра жесткости и офисных помещений. Кроме того, в общую стоимость включена стоимость теплообменников, систем отопления, кондиционирования, приточно-вытяжной вентиляции в соответствии с нормативными стандартами Украины. Кроме стандартных энергетических и осветительных установок, в здании предусмотрена установка комплексной автоматической системы мониторинга и управления, которая отвечает как действующему законодательству, так и текущим рыночным требованиям. Такой комплекс включает системы пожарной сигнализации, спринклерного пожаротушения, контроля персонального доступа и оповещения персонала, систему защиты от проникновения и систему скрытого видеонаблюдения, коммуникации внешней и внутренней связи, а также для пересылки данных в сеть Интернет.

Для задач настоящего исследования стоимость инженерных сетей для каждого варианта здания была принята одинаковой.

В принятую структуру общей стоимости здания не входит стоимость благоустройства и озеленения придомовой территории, подключение к внешним сетям, обустройство подъездов и систем дренажа. Принятая структура общей стоимости здания также не включает в себя расходы на объекты энергетического хозяйства, а также на мебель, оборудование, содержание службы заказчика, подготовку эксплуатирующих кадров, согласование, налоги и т.п.

## 7.8 Принятая структура стоимости здания

Для каждого варианта конструктивного решения здания была рассчитана стоимость всех его составляющих элементов. Результаты проведенного расчета представлены в табл. 7.4. **Общая стоимость** здания в данном исследовании была принята как сумма стоимости всех его компонентов, а также непредвиденных затрат и расходов подготовительного периода. **Чистая стоимость**, в свою очередь, принимается с учетом возможной экономии средств из-за сокращения сроков строительства. В данном исследовании рассматривается только уменьшение затрат, которое может быть достигнуто за счет сокращения программы кредитования. В качестве опорного ориентира было принято решение с самым длительным временем реализации проекта.

Поскольку целью настоящей работы является установление рационального типа каркаса здания, основной фокус был сделан на элементы структуры стоимости, которые в наибольшей степени зависят от принимаемого конструктивного решения:

- Подземная часть здания и фундаменты.
- Надземная часть здания и каркас.
- Внешние ограждающие стены.
- Внутренние стены.
- Затраты подготовительного периода и непредвиденные затраты.

Стоимость иных элементов здания является неизменной для всех рассматриваемых вариантов, независимо от их конструктивной схемы.

## 7.9 Сравнение стоимости альтернативных конструктивных решений

Сравнение стоимости альтернативных конструктивных решений приведено в табл. 7.5. Стоимость, указанная в таблице, включает только надземный несущий каркас и не охватывает кровлю, лестницы, фундаменты и стены. Также при расчете стоимости каркаса в таблице не учтен фактор времени. Индексы стоимости рассчитаны как для общих, так и для чистых затрат, при этом величина 100 обозначает наименее затратный вариант в каждом случае.



Расчет стоимости здания без учета экономии, связанной с сокращением сроков строительства, показал, что наименьшую общую стоимость имеет решение, при котором используется железобетонный каркас с короткими пролетами – 9 041 грн/м<sup>2</sup>. Немногом более дороже короткопролетный и длиннопролетный варианты стального каркаса – 9 229 грн/м<sup>2</sup> и 9 351 грн/м<sup>2</sup> соответственно. Длиннопролетный вариант железобетонного каркаса существенно дороже всех альтернатив – 9 531 грн/м<sup>2</sup>. Таким образом, по сравнению с наименее затратным решением, разница в стоимости составляет +2,07%, +3,43 % и +5,22 % соответственно.

Полученный выше результат отображает реалии современного украинского рынка при принятии решения без детального анализа с учетом всех существенных факторов и подтверждает валидность настоящего исследования.

Полученная стоимость несущего каркаса для здания с учетом стоимости затрат подготовительного периода и непредвиденных потерь варьируется между 1 264 и 1 619 грн/м<sup>2</sup>:

- Монолитный железобетонный каркас с сеткой 7,5x7,5 – 1 264 грн/м<sup>2</sup> (14 % от общей стоимости здания);
- Монолитный железобетонный каркас с сеткой 7, 5x15 – 1 477 грн/м<sup>2</sup> (15,5 % от общей стоимости здания);
- Каркас с применением стальных конструкций, сетка 7,5x7,5 – 1 532 грн/м<sup>2</sup> (16,6 % от общей стоимости здания);
- Каркас с применением стальных конструкций, сетка 7,5x15 – 1 619 грн/м<sup>2</sup> (17,3 % от общей стоимости здания).

Как указано в разделе 6.3, общая продолжительность строительно-монтажных работ для различных вариантов составляет от 126 до 151 недели. Наименьший срок возведения достигается при длиннопролетной схеме каркаса с применением стальных конструкций – 126 недель, что поясняется высокой заводской готовностью и малым количеством элементов.

Стальной каркас с промежуточными колоннами имеет больше элементов, соответственно, при одинаковом количестве подъемных механизмов срок его возведения будет больше – 130 недель. Схемы с применением монолитного железобетона требуют существенно большего срока строительства – 151 неделю, что связано с необходимым временем набирания прочности бетона и опалубочными работами.

Расчет себестоимости здания с учетом экономии заемных денежных средств со ставкой кредитования в 15 % годовых показал, что при сокращении времени строительства наиболее эффективным решением является каркас с применением стальных конструкций при коротком пролете – 8 949 грн/м<sup>2</sup>. Стоимость квадратного метра при длиннопролетной схеме стального каркаса при таком расчете составляет – 9 013 грн/м<sup>2</sup>, а в железобетонном каркасе с сеткой колонн 7,5x7,5 м и 7,5x15 м – 9 041 грн/м<sup>2</sup> и 9 513 грн/м<sup>2</sup> соответственно.

Более короткий период строительства также снижает риски инфляции. При 10 %-й ставке инфляции сокращение продолжительности строительства, которое можно достичь при выборе каркаса с применением стальных конструкций, позволит сэкономить до 1,3 % общей стоимости или 120 грн/м<sup>2</sup> здания. Данная экономия не учитывалась при сравнении вариантов в табл. 7.4 и 7.5.

## 7.10 Заключение

Анализ стоимости, проведенный в рамках данной работы, позволил сделать однозначные заключения относительно эффективности различных конструктивных схем многоэтажных зданий коммерческого назначения в условиях отечественного рынка.

Стоимость противопожарной защиты стальных несущих элементов по результатам расчета стоимости составляет 217 и 213 грн/м<sup>2</sup>, что обуславливает повышение цены конструкций на 58 % – для короткопролетной схемы и 48 % – для длиннопролетной схемы каркаса. Такие высокие параметры могут быть вызваны с одной стороны высокими нормативными требованиями к пределам огнестойкости колонн и перекрытий, а с другой – высокой стоимостью огнезащиты в условиях недостаточно конкурентной среды.

В представленных решениях каркаса с применением стальных конструкций профилированный стальной настил был учтен только как несъемная опалубка, без совместной работы с плитой железобетонного перекрытия. Проведение соответствующих исследований, огневых испытаний и нормативное регулирование может в дальнейшем позволить принимать конструктивные решения с включением профилированного настила в композитную работу, что может дать общую экономию стоимости до 80 грн/м<sup>2</sup>.

Преимущества применения стальных конструкций в каркасах многоэтажных зданий коммерческого назначения очевидны для проектов, где существуют повышенные требования к функциональности использования внутреннего пространства, и в механизме возмещения инвестиций которых играет роль временной фактор.

Таблица 7.4 Стоимость элементов здания на м<sup>2</sup> общей площади (41 993 м<sup>2</sup>)  
для различных вариантов конструктивных решений

Описание		Пролет 7,5 м; стальной кар- кас с композит- ными балками и плитами по профнастилу	Пролет 7,5 м; монолитный железобетон- ный каркас с безбалочными перекрытиями	Пролет 15 м; стальной каркас с композитны- ми балками и плитами по профнастилу	Пролет 15 м; монолитный железобетон- ный каркас с балочными перекрыти- ями
		грн/м <sup>2</sup>	грн/м <sup>2</sup>	грн/м <sup>2</sup>	грн/м <sup>2</sup>
1	Подземная часть здания	406	471	406	494
2	Каркас и верхние этажи	1 364	1 125	1 441	1 315
3	Кровля	91	127	91	127
4	Лестничные блоки	52	52	52	52
5	Ограждаю- щие стены	1 115	1 101	1 153	1 300
6	Окна и внеш- ние двери	10	10	10	10
7	Внутренние стены, пере- городки и двери	128	126	129	132
8	Отделка стен	165	152	158	153
9	Отделка пола	553	553	553	553
10	Отделка по- толка	255	255	255	255
11	Разводка и подключение водопровода и водоотве- дения	11	11	11	11
12	Санитарно- техническое оборудова- ние	376	376	376	376
13	Инженерные сети	2 280	2 280	2 280	2 280
14	Электриче- ские сети	1 264	1 264	1 264	1 264
15	Установка лифтового хозяйства	105	105	105	105
16	Общестро- ительные работы	40	40	40	40
	Итого	8 215	8 048	8 324	8 468
	Затраты под- готовитель- ного периода (около 7,00%)	575	563	582	592
	Итого	8 790	8 611	8 906	9 060

Резерв на покрытие непредвиденных затрат (5,00%)	439	430	445	453
Общая сметная стоимость строительства м <sup>2</sup> общей площади здания	9 229	9 041	9 351	9 513
Длительность строительства (недели)	130	151	126	151
Дополнительные затраты либо экономия при ставке 15,00 % в год	-280	0	-338	0
Стоимость м <sup>2</sup> с учетом кредитования	8 949	9 041	9 013	9 513

Таблица 7.5 Структура затрат несущего каркаса здания, общая стоимость и чистая стоимость с учетом экономии кредитных средств за м<sup>2</sup> общей площади (грн/м<sup>2</sup>)

Решение	Стоимость конструкции	Общая стоимость	Индекс общей стоимости	Чистая стоимость	Индекс чистой стоимости
Пролет 7,5 м; стальной каркас с профилированным стальным настилом и монолитной плитой	1 364	9 229	102,1	8 949	100
Пролет 7,5 м; железобетонный каркас с монолитным безбалочным перекрытием	1 125	9 041	100	9 041	101,0
Пролет 15 м; стальной каркас с профилированным стальным настилом и монолитной плитой	1 441	9 351	103,4	9 013	100,7
Пролет 15 м; железобетонный каркас с монолитным балочным перекрытием	1 315	9 513	105,2	9 513	106,3

Так, проведенный в исследовании сравнительный анализ стоимости с учетом только сокращения программы кредитования при более быстром завершении строительства уже показал существенную экономию денежных средств для решений с применением стальных конструкций. Кроме того, уменьшение сроков строительства позволяет сократить срок окупаемости проекта из-за более ранней сдачи в аренду, а также снизить затраты на содержание строительного участка и администрирование. Каркасы зданий с применением стальных конструкций имеют также очевидные эксплуатационные преимущества, связанные с повышенными возможностями реконструкции, экологической эффективностью и сохраняемостью в случае демонтажа. Кроме очевидной экономической выгоды, малоэлементные длиннопролетные схемы имеют нематериальные преимущества, которые повышают качественные показатели здания – гибкость в использовании и планировании пространства, адаптивность под конкретного арендатора, увеличение мест в паркинге и уменьшение рисков задержек при строительстве.

Все вышеприведенные факты указывают на необходимость и целесообразность проведения комплексного анализа стоимости при каждом принятии решений инвестором относительно выбора принципиальной конструктивной схемы зданий еще на стадии их концептуальной разработки.

## Используемая литература

1. Нілов О.О., Пермяков В.А., Шимановський О.В., Білик С.І., Белов І.Д., Лавріненко Л.І., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Підручник. II видання - К: «Сталь», КНУБА, 2010 р., - 832 с.
2. ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу» /Мінрегіонбуд України – К.: Сталь 2011. – 127 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування /Мінбудархітектури України. – К.: Сталь, 2006. – 59 с.
4. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування / Мінбудархітектури України. – К.: Сталь, 2006. – 10 с.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
6. EN 1993-1 -3-2006 Eurocode 3 - Design of steel structures. - 130 p.
7. Architects' Guide to Design in Steel// R.Ogden, R.Plank & oth. SCI 2003
8. Hicks S.J., Lawson R.M., Rackham J.W., Fordham P. Comparative Structure Cost of Modern Commercial Buildings (Sec.Ed.) SCI P137, 85 p. (2004)
9. Bilyk A., Kurashev R., Burgan B., Khmel'nitska A. First Ukrainian cost study experience of commercial multistory buildings with concrete and steel frame//Design, Fabrication and Economy of Metal Structures/ International Conference Proceedings 2013, Miskolc, Hungary, Apr.24-26. Jarmai K., Farkas J. (eds) Springer P.511-517 p.

**Бассам Бурган, Артем Билик**

**Публикация**

# **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ**

Формат 60x84/8. Условных печатных листов 8,83. Тираж 500 экземпляров

Издатель ООО «НПП «Интерсервис»

Киев, ул. Бориспольская, 9

Свидетельство серии ДК № 3534 от 24.07.2009







## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Предлагаемая вниманию читателя публикация представляет результаты проведенного исследования по сравнительному анализу различных конструктивных схем каркасов современных офисных зданий класса «А» – с применением стальных и железобетонных конструкций. Публикация была подготовлена совместно Украинским Центром Стального Строительства, Институтом Стального Строительства (Steel Construction Institute, U.K), КНУСА и компанией Метинвест.