

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Архитектурно-строительный институт  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой:

\_\_\_\_\_ Г.А. Пикус

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе магистра на тему:

«Монтажная устойчивость зданий с монолитным железобетонным каркасом»

ЮУрГУ 08.04.01 «Строительство». АСЗ-393. ПЗ ВКР

Руководитель: Кандидат технических наук,  
доцент.

\_\_\_\_\_ Киянец А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Проверка по системе антиплагиат: \_\_\_\_\_%

\_\_\_\_\_ Киянец А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г.

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_ Киянец А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Автор ВКР:

\_\_\_\_\_ Гладков К.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## АННОТАЦИЯ

Гладков Кирилл Андреевич, Монтажная устойчивость зданий с монолитным железобетонным каркасом, пояснительная записка. – Челябинск: ЮУрГУ, 2021, 90 стр., библ. наим. – 53, табл. – 13, илл. – 37.

Объектом исследования магистерской диссертации является монтажная устойчивость высотных жилых зданий с монолитным железобетонным каркасом в процессе возведения каркаса здания.

Целью работы является разработка методики обеспечения монтажной устойчивости зданий с монолитным железобетонным каркасом в зависимости от скорости воздействия. Исследование является теоретическим, основанное на моделировании процесса возведения здания в программном комплексе ЛИРА-САПР.

В результате исследования были разработаны и предложены рекомендации для обеспечения устойчивости зданий с монолитным железобетонным каркасом в процессе возведения зданий, обеспечивающие необходимую надежность и безопасность в летний и зимний периоды.

*Ключевые слова: высотное здание; одностадийный режим; многостадийный режим; сравнительный анализ; история нагружения; изменение расчётной схемы; напряженно-деформированное состояние; технологическая последовательность монтажа.*

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ			
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Зав. Каф.		Пикус			01.21	«Монтажная устойчивость зданий с монолитным железобетонным каркасом»	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.		Киянец			01.21		ВКР	2	90
Руковод.		Киянец			01.21		ЮУрГУ Кафедра СПТС		
Консульт.		Киянец			01.21				
Разраб.		Гладков			01.21				





существенные изменения. Активно применяются средства механизации процессов транспортировки и укладки бетонной смеси (бетононасосы и автобетоносмесители), современные опалубочные системы. Получили широкое распространение высокоподвижные бетонные смеси, модифицированные различными добавками, в том числе самоуплотняющиеся. Появились средства оперативного температурного и прочностного контроля выдерживания бетона монолитных конструкций.

Процесс проектирования и производства работ по-прежнему остается очень сложной задачей. Требуется не только правильная организация работ на строительной площадке, но и качественно выполненные проектные работы для дальнейшего развития монолитного строительства.

**Актуальностью темы** является то, что никакими нормативно-техническими документами не предусматриваются границы для скоростного возведения зданий с монолитным железобетонным каркасом, поэтому на примере существующего 25-этажного здания есть возможность определить напряженно-деформированное состояние здания в стадии эксплуатации и монтажа. На основании полученных данных разработать ряд рекомендаций для скоростного возведения. Монолитное строительство постепенно занимает одно из ведущих мест в нашей стране, поэтому технология скоростного возведения зданий из монолитного железобетонного каркаса имеет дальнейшие перспективы развития.

Достаточно широкая область применения железобетона в строительстве, а также зачастую низкая скорость строительства делает актуальным научное исследование. В совокупности с современными технологиями возведения проектные работы могут помочь усовершенствовать и ускорить процесс производства работ, тем самым увеличить скорость и темп строительства.

**Целью** данной научной работы является разработка методики обеспечения монтажной устойчивости зданий с монолитным железобетонным каркасом в зависимости от скорости возведения, обеспечивающую необходимую безопасность и надежность в процессе производства работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
							5
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		











К началу XX в. накопился значительный мировой опыт строительства жилых зданий из монолитного бетона. Знаменитый американский изобретатель Т. А. Эдисон разработал метод возведения домов из монолитного бетона в многократно оборачиваемых опалубках (патент 1908 г.).

В нашей стране со второй половины 20-х годов XX века начался новый этап внедрения монолитного бетона в гражданское строительство.

Так, в 1926—1929 гг. в Харькове был построен знаменитый 14-этажный Дом - госпромышленности с монолитным железобетонным каркасом, а затем и другие многоэтажные здания.

В настоящее время железобетон является основным конструктивным материалом в строительстве, так как он обладает высокой прочностью, долговечностью, стойкостью к воздействию высоких температур и агрессивных сред, способностью твердеть и наращивать прочность под водой, допускает изготовление конструкций самой разнообразной формы и не требует практически эксплуатационных расходов. Около 85% всех несущих строительных конструкций, многие из которых монтируют из сборных элементов, выполняются сейчас из железобетона.

С развитием данной технологии строительства активно развиваются методы расчета железобетонных конструкций. Сейчас принят расчет по предельным состояниям (с расчетным коэффициентом запаса). Под предельным состоянием понимают такое состояние конструкции, после которого дальнейшая эксплуатация ее невозможна.

Расчет по первой группе предельных состояний (по прочности) выполняется с целью предотвращения разрушения конструкций, потери устойчивости формы конструкции или ее положения, усталостного разрушения.

Расчет по второй группе предельных состояний (на образование трещин) имеет цель не допустить развитие чрезмерных деформаций (прогибов), исключить возможность образования трещин в бетоне или ограничить ширину их раскрытия, а также обеспечить в необходимых случаях закрытие трещин после снятия части нагрузки.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							10
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Расчет по первой группе является основным и используется при подборе сечений. Этот метод постоянно совершенствуется [10].

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		11









### Структура строящихся домов в России по материалам стен

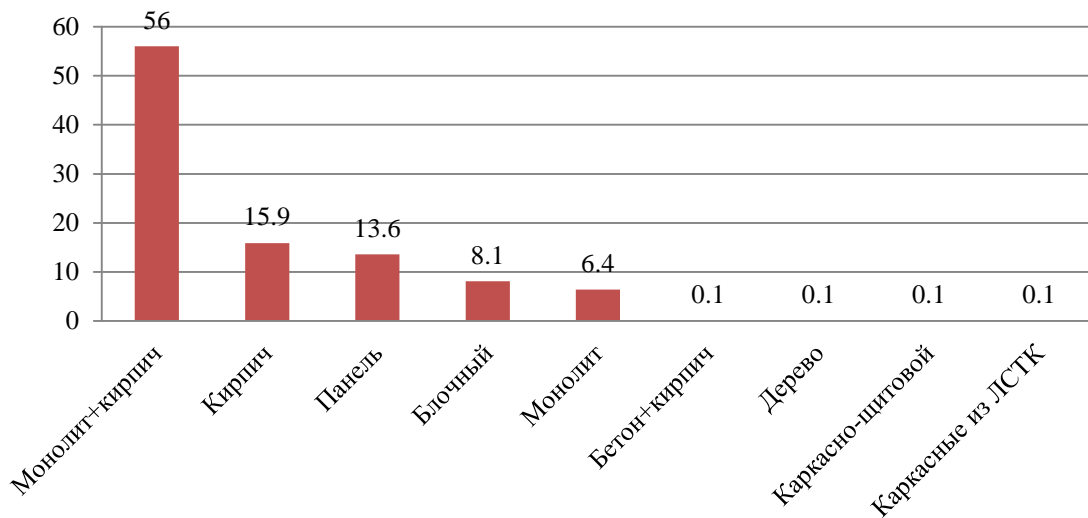


Рис.5—Структура строящихся домов в России по материалам стен

### Динамика изменение долей материалов стен в России

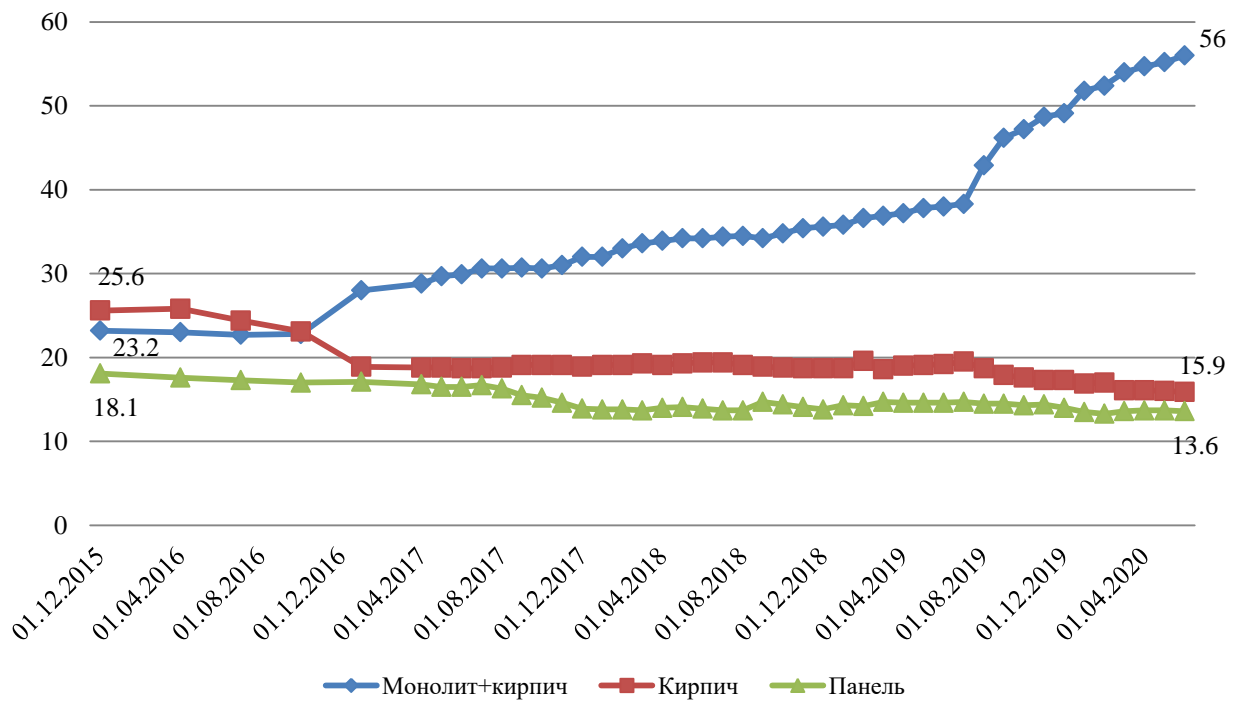


Рис.6—Динамика изменения долей материалов стен в России

В строящихся на данный момент домах, анализируя рисунок 5, преобладают объекты с монолитным каркасом и стенами из мелкоштучных материалов







возникает необходимость в увеличении скорости строительства с соблюдением всех норм безопасности. Увеличение скорости строительства это одно из приоритетных направлений развития, так как, сокращая срок строительства, появляется возможность сэкономить значительные средства, а также увеличить число и объем строящегося жилья.

В зарубежных странах технология монолитного строительства уже имеет широкое распространение и активно используется в постройке небоскрёбов. Исходя из статистических данных и приведенных объёмов железобетона в России и зарубежных странах, можно говорить о том, что предполагается дальнейший рост и активное строительство высотных монолитных зданий в нашей стране.

										Лист
										19
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>				





- Дефект укладки и уплотнения бетонной смеси: превышение высоты свободного сбрасывания и расслоение смеси; добавка воды для облегчения укладки или перекачки бетононасосом с нарушением проектного водоцементного отношения; зависание смеси на арматуре в густоармированных конструкциях; большие перерывы, нарушающие сцепление слоев; расслоение смеси при уплотнении (особенно при больших значениях водоцементного отношения, длительном вибрировании, применении легких заполнителей); превышение шага перестановки вибратора и толщины укладываемых слоев, недостаточная проработка смеси; расшатывание арматуры при повторном вибрировании (для больших плит, длинных балок, при непрерывном бетонировании).

- Дефекты устройства рабочих швов: неправильное расположение и оформление швов; безопалубочное выполнение швов в горизонтальных конструкциях; повреждения бетона при возобновлении бетонирования при недостаточной прочности бетона.

- Дефекты выдерживания бетона: отсутствие защиты от атмосферных воздействий в начальный период твердения, неблагоприятные температурно-влажностные условия; замораживание свежееуложенной бетонной смеси, замоноличивание стыков без предварительного отогрева примыкающих участков конструкций и арматуры; нарушения температурного режима выдерживания бетона, приводящие к испарению воды, деструктивным термонапряжениям.

- Дефекты готовых бетонных поверхностей: отколы углов; образование трещин (усадочных, температурных, деформационных); повышенная пористость, раковины, пустоты; оголение арматуры, крупного заполнителя; уступы, подтеки в местах стыковки щитов опалубки, отрыв бетона при распалубке; пятна ржавчины или масла [11].

В виду того, что около 60% аварий связаны со стадией строительства для профилактики дефектов строительных работ и примененных материалов необходимо: усиление технологической дисциплины и всех видов строительного контроля; создание эффективной системы обеспечения качества; выбор добросовестных поставщиков материалов, применение сертифицированных

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							22
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		







Большой минус монолитного домостроения заключается в долгом возведении каркаса здания, так как, ссылаясь на строительные нормы, процент перезакладки прочности бетона даже при увеличении на 10% ведет к увеличению срока возведения, а, следовательно, не только к трудовым, но и финансовым затратам.

Обратимся к строительным нормам зарубежных стран, в частности США, Германии и Российским строительным нормам. Попытаемся сравнить, при достижении какой прочности, производится распалубка конструкции и когда необходимо выполнять ее нагружение.

Рассмотрим СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».

Пункт 5.17.8 данного свода правил носит обязательный характер на основании постановления Российской Федерации №985 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации.»

Пункт 5.17.8 Технические требования, которые следует выполнять при бетонировании монолитных конструкций и проверять при операционном контроле, включая допустимую прочность бетона при распалубке, приведены в таблице 5.11. На рисунке 7 представлен фрагмент таблицы 5.11 [2]:

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							25
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

















К данной таблице, возможно, отнести классы конструкций ХС2, ХС3, ХС4 и ХФ1 [8].

Немецкие нормы не совсем можно соотносить с российскими сводами правил, так как в немецких нормах присутствует выраженное распределение на типы конструкций, на основании чего подбирается соответствующий класс бетона и длительность выдерживания, зависящая от свойств используемого материала.

**Общий вывод:** проанализировав строительные нормы нашей страны, США и Германии можно сделать вывод о том, что для определенного типа конструкций, изготавливаемых из железобетона и в зависимости от того, какая нагрузка к ней приложена, какими свойствами обладает конкретный бетон, появляются конкретные критерии, при которых мы можем выполнять распалубку.

Строительные нормы в России, США и Германии имеют большое сходство между собой. Из приведенных норм становится понятно, когда необходимо выполнять распалубку конструкции, но зависимость распалубки от поэтажного строительства, постепенного нагружения строительных конструкций и соответствующие комментарии отсутствуют.

Поэтому в данной работе хотелось бы понять зависимость между скоростью возведения монолитного каркаса и прочностью бетона. Определить оптимальные условия строительства.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		33





обосновывается необходимость использования такой технологии на примере реального объекта.

Цель данной работы – исследовать напряженно-деформированное состояние высотного здания с учетом последовательности возведения.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

- создать расчетную схему высотного здания в среде SCAD;
- провести расчет полученной схемы в двух режимах: одностадийном и многостадийном;
- провести сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния несущих элементов каждой схемы, обобщить, полученные результаты и сформулировать основные выводы.
- Baofeng Pan, Gang Li. Finite element simulation on cantilever construction structure//Proceeding of International conference on innovations in electrical and civil engineering (ICIECE2012) May 26-27. 2012. Phuket. 181-186 p [19].

В статье Baofeng Pan, Gang Li говорят о том, что для реализации конечной цели управления необходимо прогнозировать и контролировать деформационно-напряженное состояние в процессе сегментарного строительства. Чтобы знать о поведении конструкции, геометрических и внутренних силах, необходимо смоделировать весь строительный процесс в соответствии с каждой стадией строительства и определить идеальное состояние напряжений и деформаций каждой стадии строительного процесса.

- Учет истории возведения и нагружения сборных рамных каркасов [Текст] / О. Б. Завьялова // Промышленное и гражданское строительство. - 2014. - № 4. - С. 34-39 [22].

В статье Завьялова О.Б. рассматривает вопрос уточнения напряженно-деформированного состояния при учете истории возведения и нагружения сборных железобетонных рам каркасных зданий, при строительстве которых допускаются нарушения технологической последовательности монтажа ригелей и плит перекрытий.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		36

Определены внутренние усилия в элементах рамы с учетом перечисленных факторов, выполнено сравнение с результатами классического расчета. Выявлены наиболее уязвимые элементы рамных каркасов, особенно запроектированных под небольшую временную нагрузку.

Приведен пример современного строительства, когда расчетная схема ригелей в процессе возведения здания значительно отличалась от задаваемой в проектном расчете, что привело к существенным изменениям в величине внутренних усилий в крайних колоннах и ригелях по сравнению с классическим расчетом.

Учет истории возведения показывает, что рамные здания, построенные с нарушением технологической последовательности монтажа ригелей, имеют большой запас прочности крайних колонн, однако в этих зданиях возможно обрушение ригелей при проектной временной нагрузке в результате увеличения пролетных моментов ригелей (до 40–60 %).

- Кабанцев О.В. Перельмутер А.В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации//Инженерно-строительный журнал. 2015. № 1 (53). С. 6-14 [20].

В статье Перельмутер А.В. и Кабанцев О.В. рассматривают задачи о модификации расчетной схемы сооружения, когда претерпевают изменения жесткостные параметры элементов системы.

Описываются случаи изменения жесткостей элементов несущей системы здания и случаи изменения упругих (деформационных) свойств основания, приводящие к изменениям параметров модели внешних связей. Приводятся сведения из практики проектирования о расчетных ситуациях, возникающих в процессе создания и эксплуатации зданий и сооружений, приводящих к изменению параметров жесткости отдельных элементов конструкции. Для некоторых из них представлено описание физического механизма, управляющего изменением этих параметров.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							37
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Указывается на существование случаев, когда изменение жесткостей не связано с изменением имеющегося напряженно деформированного состояния и когда такое изменение реализуется.

Описываются соответствующие методы расчета и особенности конечно-элементного моделирования процессов изменения жесткостных параметров расчетной модели.

- Пикус, Г.А. Устойчивость строительных конструкций зданий с учетом податливости узлов в процессе возведения / Г.А. Пикус // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 63-й научной конференции – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Т. 1. – С. 166-169 [16].

В статье Пикус Г.А. рассматривает одно из главных правил позволяющее обеспечить устойчивость строительных конструкций в процессе монтажа: каждая последующая стадия возведения не должна создавать в конструкциях напряжений, превышающих те, которые учел проектировщик. Это правило базируется на важном свойстве строительной системы – она обладает свойством памяти и позволяет в процессе возведения запоминать и наследовать накопленные напряжения и перемещения.

**Общий вывод:** на основании рассмотренных научных трудов, которые тесно связаны с выбранной темой монтажной устойчивости зданий с монолитным каркасом, можно сделать некоторые выводы.

Для того чтобы возвести здание качественно и быстро, необходимо соблюдать не только технологию монтажа конструкций, которая в свою очередь при неправильной работе может разрушиться от монтажных нагрузок, вследствие скоростного возведения и отсутствия расчетных данных.

В вышеизложенных статьях более подробно раскрывается информация о том, что здания это не одномоментно построенная конструкция, у которой заранее приняты характеристики материалов, это геометрически изменяемая система, которая имеет в разные промежутки времени определенное напряженно-деформированное состояние. Поэтому при выполнении проектирования необходимо выполнять расчет здания не только в одностадийном, но и в

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							38
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

многостадийном режиме. Изменение параметров, определяющих напряженно-деформированное состояние основных несущих элементов, в процессе возведения и эксплуатации не может быть проигнорировано при анализе сложных многоэлементных систем, к которым можно отнести высотные здания. Это обстоятельство делает необходимым анализ работы конструктивной системы, структуры, геометрические и жесткостные параметры которой меняются во времени и пространстве.

Важным остается факт достаточного выдерживания и ухода за бетоном не только летом, но и зимой, так как некоторые зачастую различные конструкции могут влиять на темп строительства. На это стоит обращать пристальное внимание. Нельзя сравнивать жесткости различных узлов здания, каких-либо несущих конструкций, так как по большей части такие данные опускаются при расчете.

Аналогично монолитным зданиям, подобный многостадийный анализ можно рассматривать для сборных каркасов. Ведь нарушая технологию производства работ, в сборных элементах могут возникать большие расчётные значения, а значит, в процессе неправильного монтажа, данный элемент попросту разрушится.

Немало важным фактор является правильное распределение рабочей силы на строительной площадке, для того чтобы наиболее эффективнее происходил процесс монтажа здания. Использования специального оборудования для арматурных работ, опалубочных работ, подачи бетонной смеси и тд.

По выбранной теме необходимо детально проработать вопрос монтажной прочности бетона на разных стадиях монтажа и важно понимать, в какой момент времени загружать конструкцию и как быстро это делать.

Строительство не только должно производиться в кратчайшие сроки, но и необходимо обеспечивать безопасность всем тем, кто находится на строительной площадке.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							39
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

### Выводы по 1 главе:

1. Рассмотрена история возникновения и развития бетона и железобетона от античности до наших дней;

2. Выполнен анализ строительной отрасли за рубежом и в России. Технология монолитного домостроения довольно широко распространена в различных странах. Замечена тенденция развития монолитного строительства в России, как видно из статистических данных;

3. Рассмотрены дефекты, которые могут привести к опасному состоянию конструкции в момент их монтажа. Сделан вывод о том, что 50% всех дефектов приходится на стадию возведения;

4. Рассмотрены различные нормативно правовые акты России, США, Германии. Найдены сходства и различия в нормативной литературе;

5. Выполнен анализ различной литературы, статей, публикаций по выбранной тематике. Замечена тенденция развития многостадийных расчетов зданий из сборного железобетона, а также зданий с монолитным каркасом. Так как здание это изменяющаяся геометрическая система во времени, важно выполнять постадийный расчет, с целью получения достоверных данных о напряженно-деформированном состоянии здания в целом.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		40



## 2. Глава 2. Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкций для определения скорости строительства

### 2.1. Сведение о здании, сбор нагрузок

Технология быстрого возведения монолитных конструкций влияет на темп возведения всего каркаса и связана с длительностью набора распалубочной прочности бетона строительных конструкций.

Как было уже рассмотрено в пункте 1.4 по СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» минимальная распалубочная прочность бетона незагруженных вертикальных конструкций составляет 0,5 МПа, горизонтальных конструкций до 6 метров 70% проектной прочности, горизонтальных конструкций свыше 6 метров 80% проектной прочности [2].

Поэтому есть необходимость разработки расчетных правил по установлению допустимой (промежуточной) прочности бетона при снятии и перестановке опалубке по этажам для горизонтальных и вертикальных конструкций с точки зрения обеспечения прочности во время возведения монолитного здания, а также необходимость включения в план производства работ мероприятий по ускорению набора прочности бетоном.

Была рассмотрена технология ранней распалубки горизонтальных и вертикальных конструкций с использованием опалубки (типа «PERI-MULTIFLEX»).

Сущность технологии заключается в том, что после выдерживания бетона до определённой прочности, проверить возможность выполнить нагружение горизонтальных и вертикальных конструкций. На основании чего вычислить максимальную скорость возведения конструкций исследуемого здания.

Характеристики исследуемого здания, а также сбор нагрузок в стадии эксплуатации и монтажа представлены в таблице 2 и 3:

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							41
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		



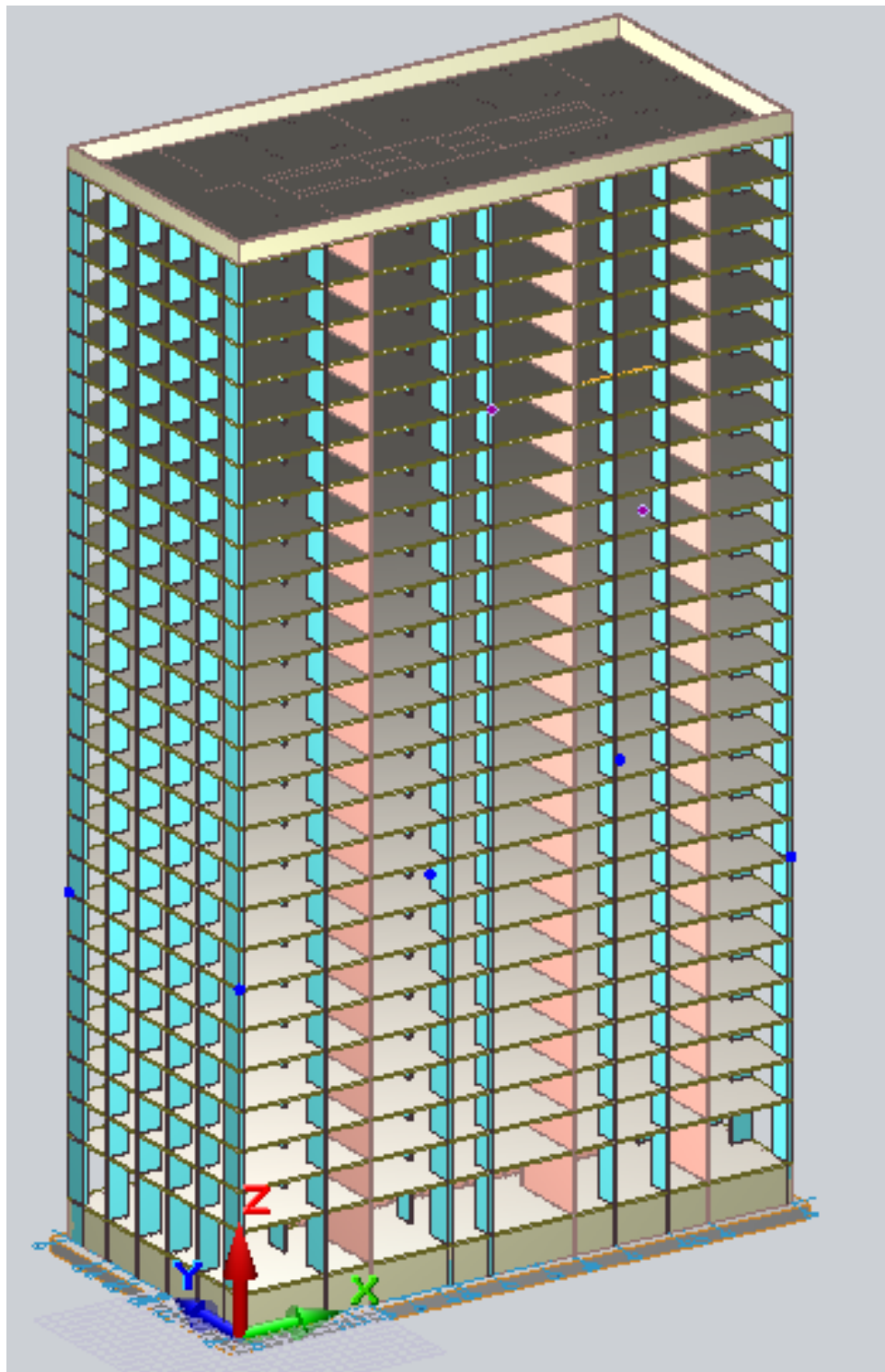
Таблица 3 – Сбор нагрузок

№ п/п	Наименование	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Толщина, мм	Ед. изм.	Нормативная нагрузка, кг/м <sup>2</sup>	γ <sub>f</sub>	Расчетная нагрузка, кг/м <sup>2</sup>
<b>Сбор нагрузок на этаж</b>							
1	Собственный вес ж/б конструкций рбет =25.00 кН/м <sup>3</sup> .	2500	-	кг/м <sup>3</sup>	2500.00	1.1	2750.0
2	Вес перегородок	-	-	кг/м <sup>3</sup>	200	1.2	240
3	Вес пола	-	-	кг/м <sup>3</sup>	300	1.3	390
4	Временная нагрузка	-	-	кг/м <sup>3</sup>	300	1.2	360
5	Стены (1 этаж)	-	-	кг/м	1040	1.2	1250 кг/м
6	Стена (2-25 этажи)	-	-	кг/м	650	1.2	780 кг/м
7	Нагрузка на кровлю (снег)	-	-	кг/м <sup>3</sup>	350	1.4	490
8	Вес кровли	-	-	кг/м <sup>3</sup>	250	1.2	300
	<b>Без учета стен</b>				<b>1400</b>	1.23	<b>1780</b>
<b>Технологическая нагрузка</b>							
1	Собственный вес ж/б конструкций рбет =25.00 кН/м <sup>3</sup> . Генерируется автоматически в программе «Лира САПР».	2500	-	кг/м <sup>3</sup>	2500.00	1.1	2750.0
2.1	Вес опалубки, материалы и пр.	-	-	кг/м <sup>3</sup>	200	1.2	240
2.2	Вес опалубки, материалы и пр.	-	-	кг/м <sup>3</sup>	400	1.2	480
2.3	Вес опалубки, материалы и пр.	-	-	кг/м <sup>3</sup>	600	1.2	720
2.4	Вес опалубки, материалы и пр.	-	-	кг/м <sup>3</sup>	800	1.2	960

Нагрузки от ветра были приложены автоматически в программе САПФИР.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
							43





*Рис.13– 3D модель исследуемого здания*

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ

Лист

45

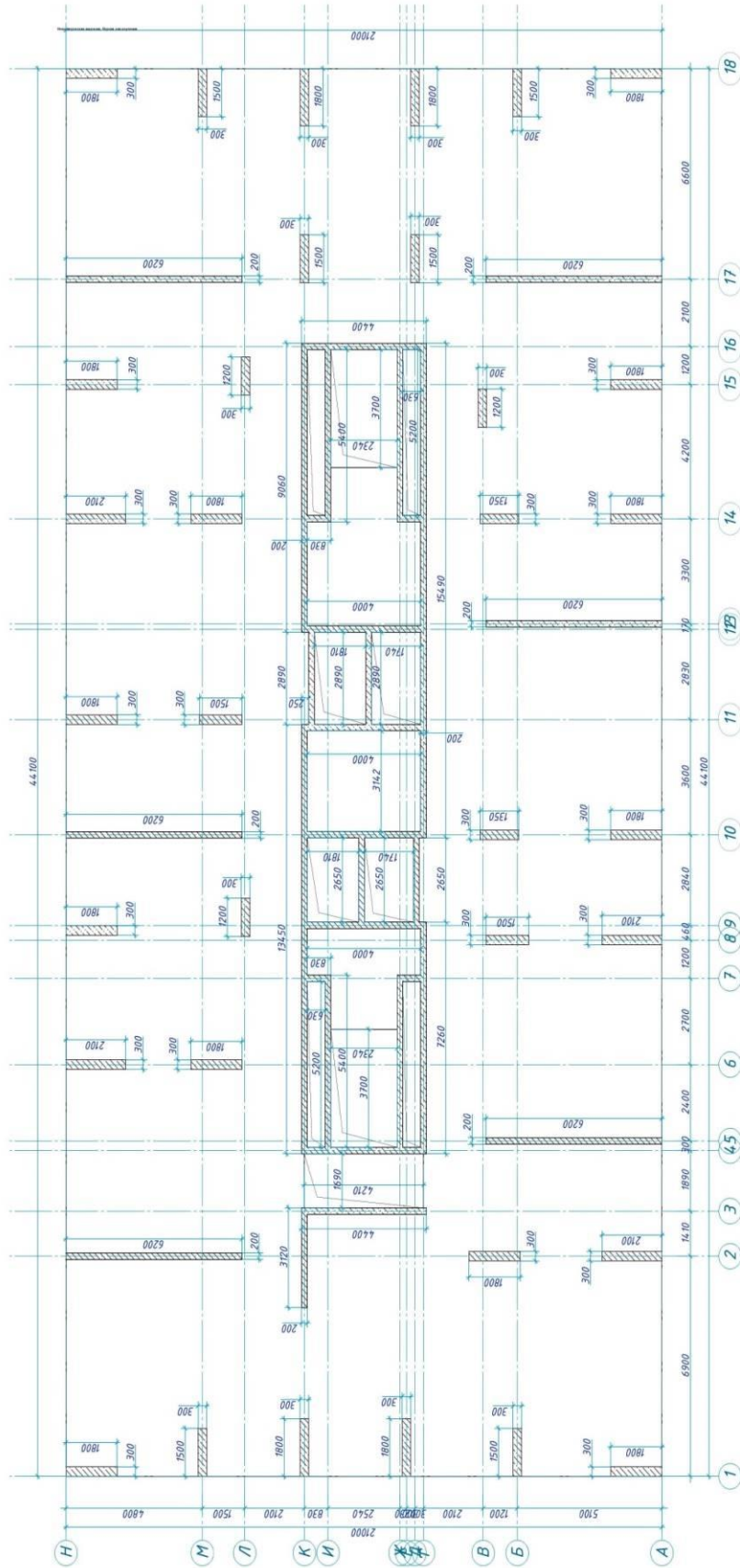


Рис.14– План типового этажа

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ



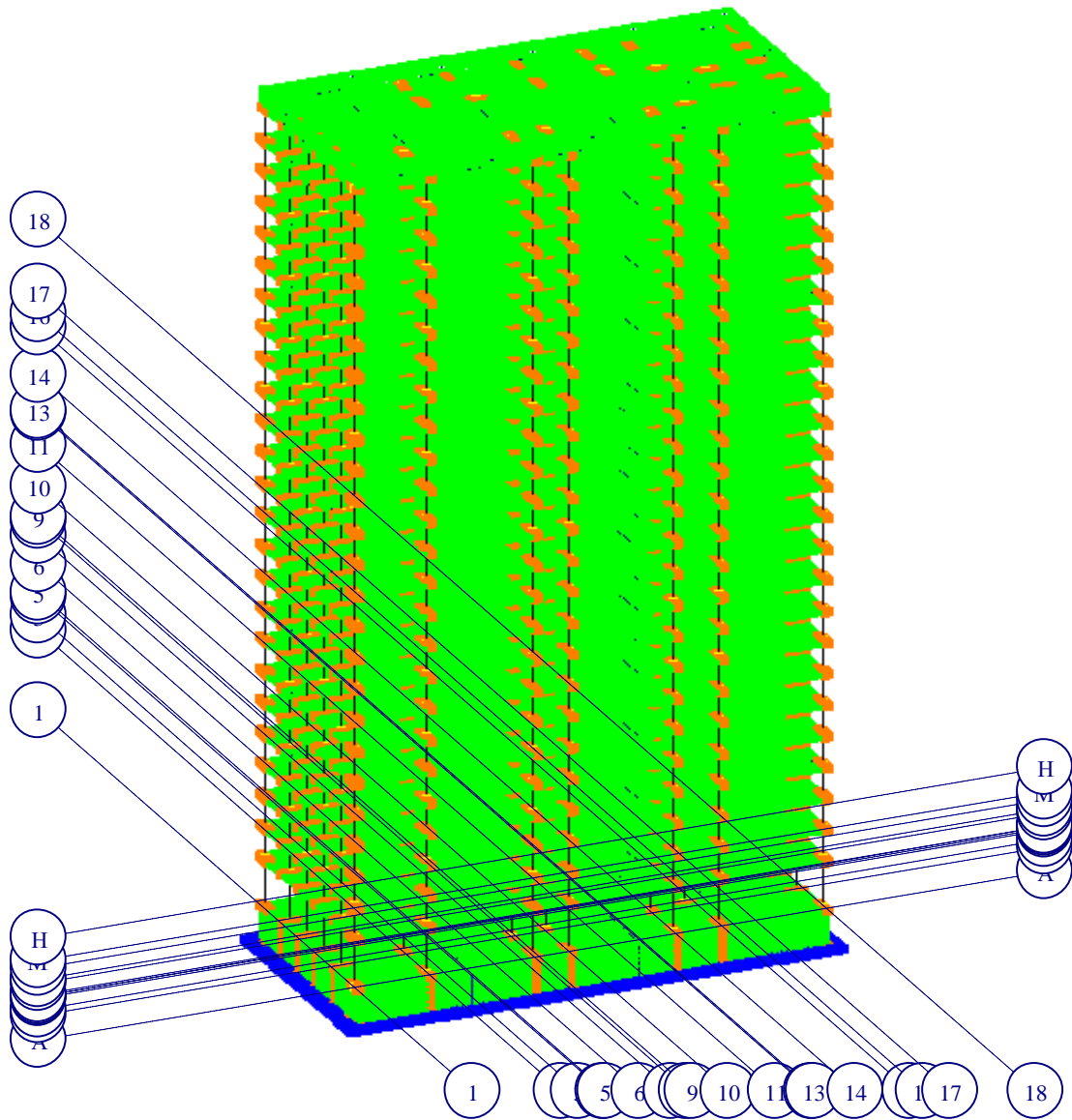


Рис.17 – Модель исследуемого здания, разбитая на конечные элементы

Результаты армирования, для колонн 1 этажа в осях А/2 и Б/2:

Таблица 5 – Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	62.9
	2	64.2
	3	75
Б/2	1	52.7
	2	53.8
	3	54.9

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ

Лист

48





## Эпюра прогибов по Z (PCH2)

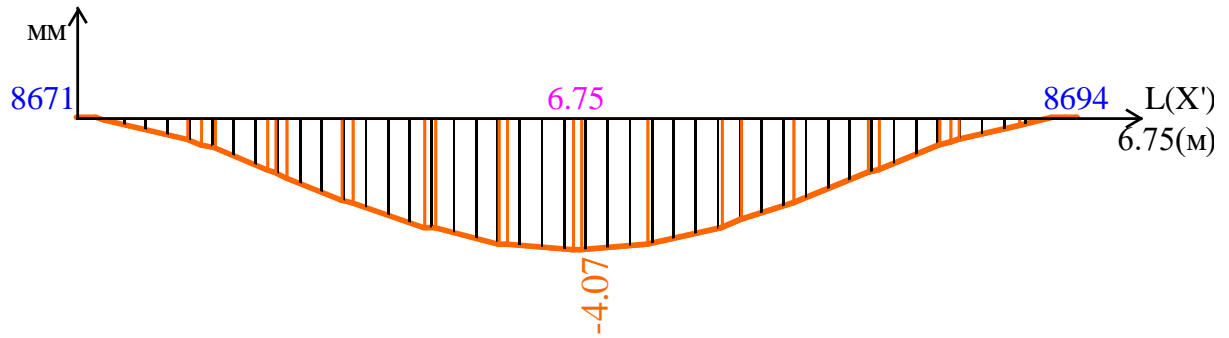


Рис.19– Прогибы перекрытия в осях А-Б

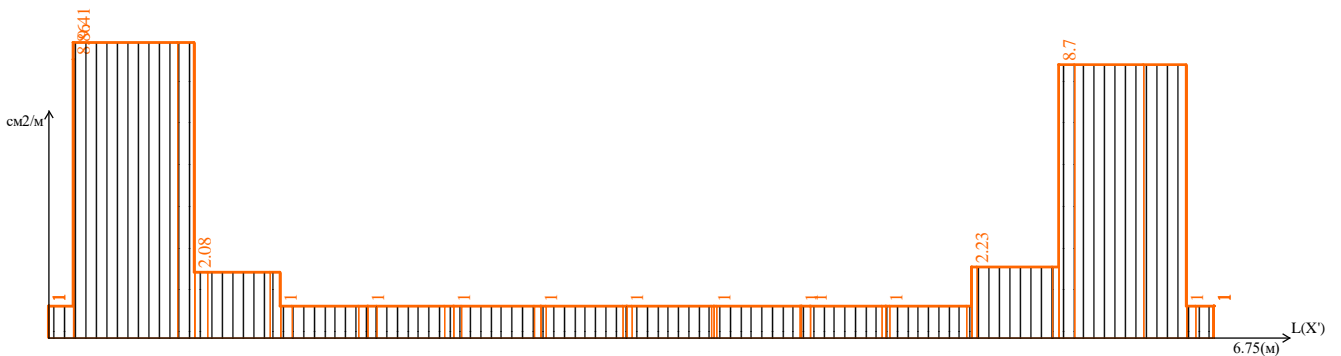


Рис.20 – Нижнее армирование перекрытия в осях А-Б

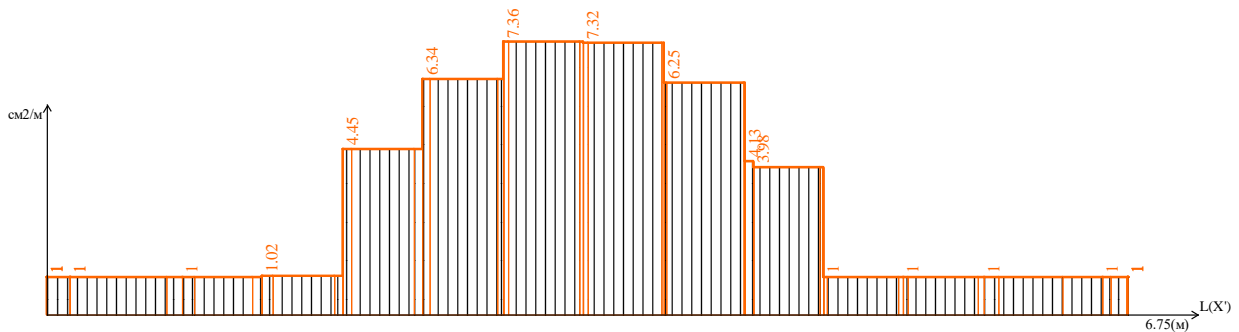


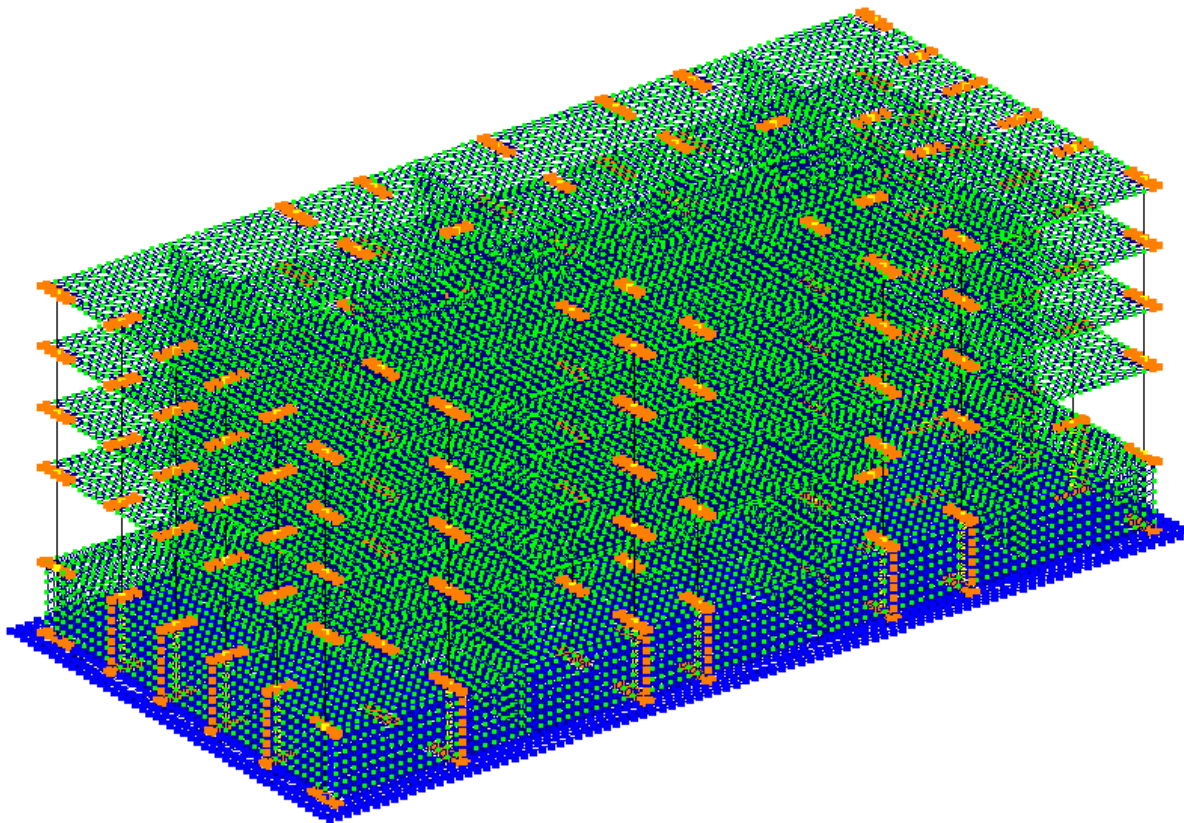
Рис.21 – Верхнее армирование перекрытия в осях А-Б

По полученным данным будет произведено сравнение каркаса в стадии монтажа при эксплуатационных нагрузках и технологических. Если же при расчете, в стадии монтажа, принятые значения будут меньше полученных значений, значит, конструкция разрушится.

										Лист
										50
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ				







*Рис.22 – Фрагмент схемы исследованного 25-этажного здания на 5 стадии*

Аналогично стадиям монтажа, в настройках данного режима есть вкладка группы. С ее помощью есть возможность выбрать определенные конструкции (какие необходимо проверить или какие вызывают наибольшее опасение) и с помощью коэффициентов  $K_E$  и  $K_{R_b}$  варьировать свойства используемого материала на различных стадиях монтажа. То есть в зависимости от строящегося этажа есть возможность задать набор прочности бетона или же попросту указать, что бетон недобрал прочность или заморозился (оставить коэффициент без изменения). При использовании групп, необходимо учитывать, на какой стадии будут возводиться выбранные конструкции, так как от этого будет зависеть правильность заполнения таблицы коэффициентов, адекватность расчетной схемы и результатов расчета. На рисунке 23 представлен фрагмент таблицы с коэффициентами:

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата



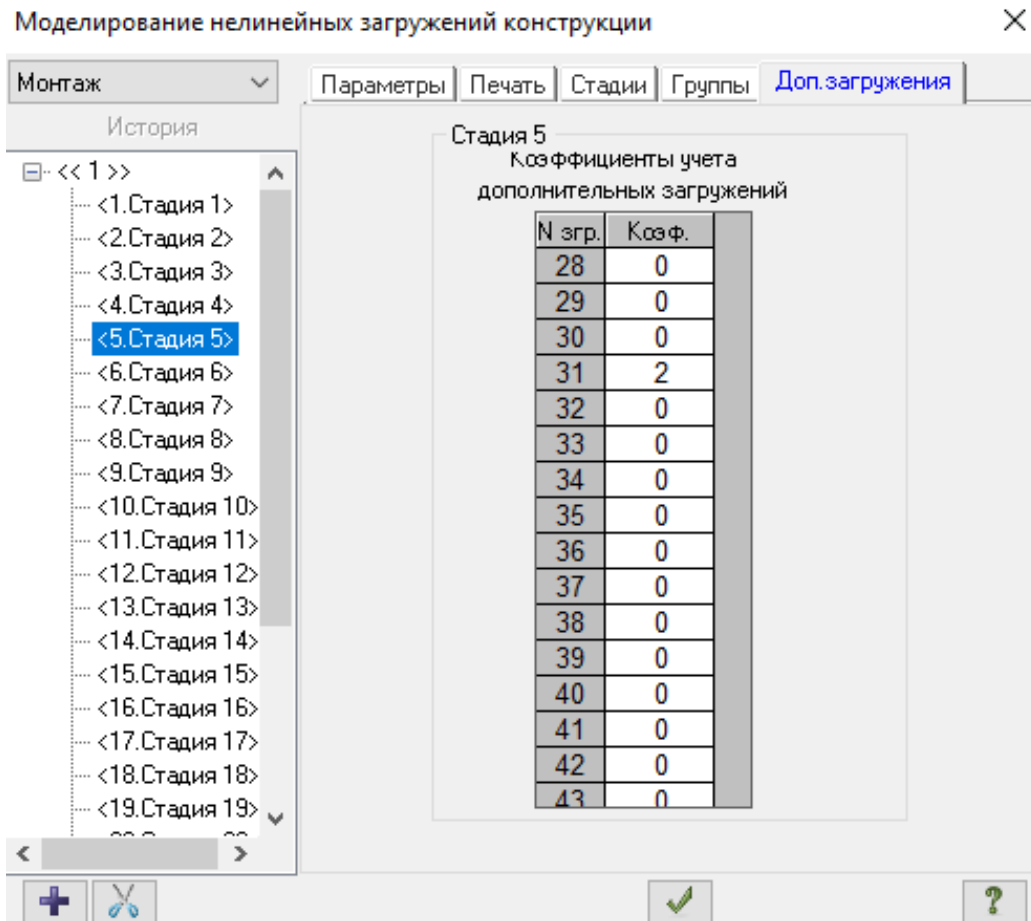
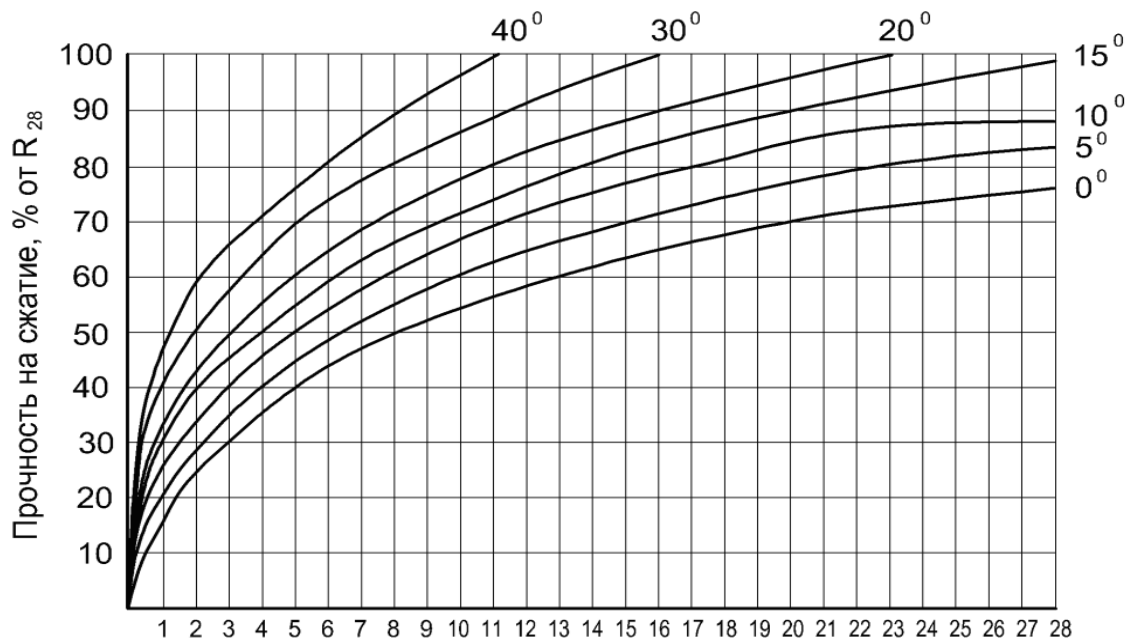


Рис.24– Фрагмент таблицы групп дополнительных нагружений

Вертикальные конструкции первого этажа были приняты прочностью 50% от проектной исходя из строительного цикла в 3 дня на 1 захватку (здание принимаем с разбивкой на 2 захватки для удобства данного цикла работ) и исходя из набора прочности бетона В25 в течение первых 3 суток при температуре наружного воздуха 20 градусов Цельсия (данный график имеет усредненное значение, так как точный график необходимо строить на основании конкретного используемого бетона и компонентов). Аналогично вертикальным конструкциями была принята прочность бетона 50% от проектной для горизонтальных конструкций. График набора прочности см. рисунке 25:

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата



*Рис.25 – График набора прочности бетона В25 в зависимости от наружной температуры*

Проанализированные ключевые моменты, влияющие на корректное моделирование исследуемого здания, применим при построении данной схемы. Выполним расчет основных конструкций монолитного железобетонного здания. Определим границы, при которых наступит потеря несущей способности вертикальных и горизонтальных конструкций с различными значениями приложенной нагрузки.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата



### 2.4. Расчет и результаты вертикальных конструкций на стадии возведения

Рассмотрим расчет вертикальных конструкций исследуемого 25-этажного здания и определим количество этажей, которое возможно смонтировать выше принятых конструкций при различно приложенной нагрузке на каждый этаж.

- Результаты расчета в стадии монтажа при эксплуатационных нагрузках и прочностью колонн 1 этажа 50% от проектной прочности. Площадь армирования колонн в осях А/2 и Б/2 представлено на рис. 26.

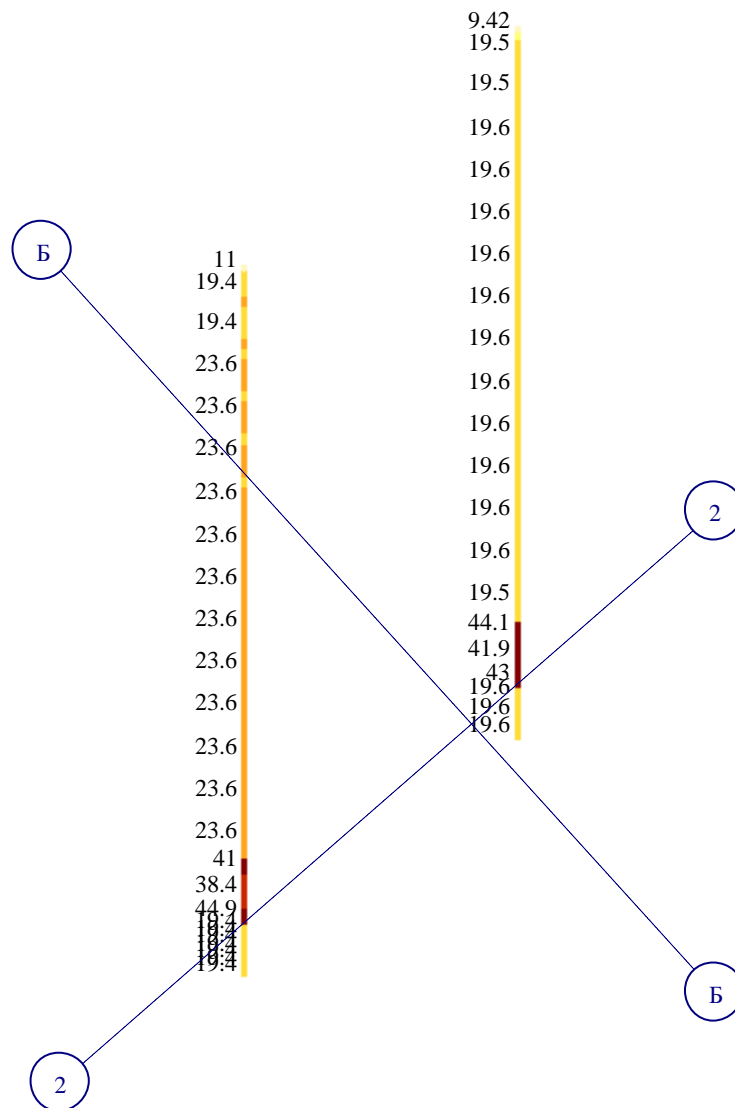


Рис.26–Площадь армирования колонн осей А/2 и Б/2 при эксплуатационных нагрузках

Таблица 6 – Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2 при эксплуатационных нагрузках

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	41
	2	38.4
	3	44.9
Б/2	1	44.1
	2	41.9
	3	43

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций без распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы) и прочностью колонн 1 этажа 50% от проектной прочности. Площадь армирования колонн в осях А/2 и Б/2 представлено на рис. 27:

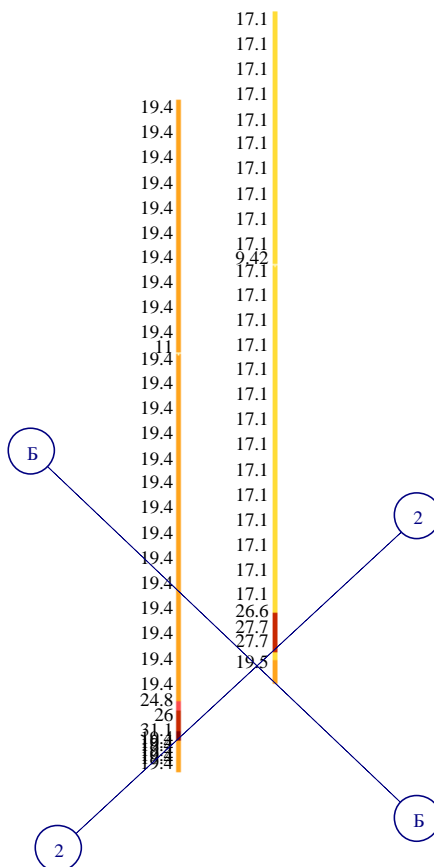


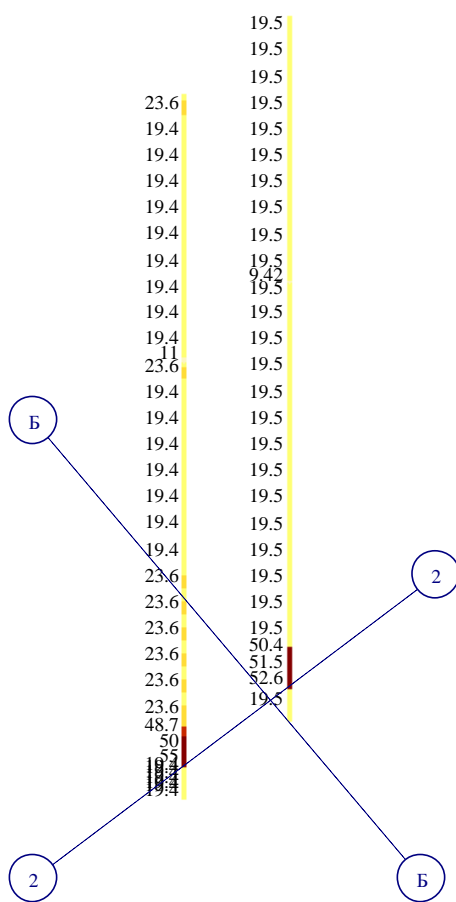
Рис.27 –Площадь армирования колонн осях А/2 и Б/2 без дополнительной нагрузки

						Лист	
						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	58	

*Таблица 7 – Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2  
без дополнительной нагрузки*

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	24.8
	2	26
	3	31
Б/2	1	26.6
	2	27.7
	3	27.7

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы – 200 кг/м<sup>2</sup>) и прочностью колонн 1 этажа 50% от проектной прочности. Площадь армирования колонн в осях А/2 и Б/2 представлено на рис. 28:



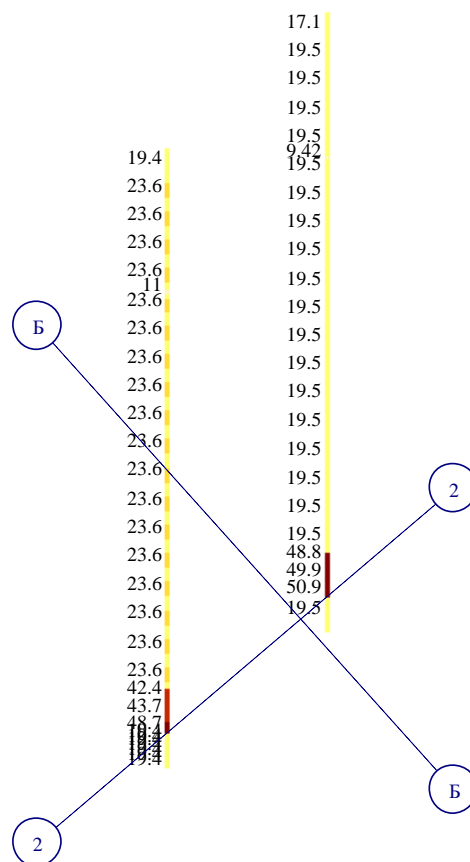
*Рис.28 –Площадь армирования колонн осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 200 кг/м<sup>2</sup>*

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

*Таблица 8– Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 200 кг/м<sup>2</sup>*

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	48.7
	2	50
	3	55
Б/2	1	50.4
	2	51.4
	3	52.6

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы – 400 кг/м<sup>2</sup>) и прочностью колонн 1 этажа 50% от проектной прочности. Площадь армирования колонн в осях А/2 и Б/2 представлено на рис. 29:

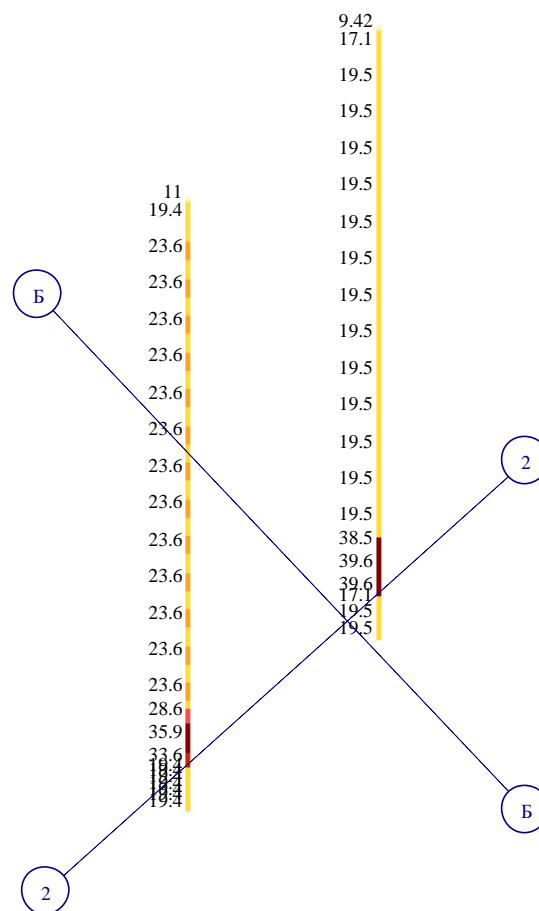


*Рис.29 –Площадь армирования колонн осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 400 кг/м<sup>2</sup>*

*Таблица 9– Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 400 кг/м<sup>2</sup>*

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	42.4
	2	43.7
	3	48.7
Б/2	1	48.8
	2	49.9
	3	50.9

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы – 600 кг/м<sup>2</sup>) и прочностью колонн 1 этажа 50% от проектной прочности. Площадь армирования колонн в осях А/2 и Б/2 представлено на рис. 30:



*Рис.30 –Площадь армирования колонн осей А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 600 кг/м<sup>2</sup>*

										Лист
										61
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ				

Таблица 10– Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 600 кг/м<sup>2</sup>

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	28.6
	2	35.9
	3	33.6
Б/2	1	38.5
	2	39.6
	3	39.6

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы – 800 кг/м<sup>2</sup>) и прочностью колонн 1 этажа 50% от проектной прочности. Площадь армирования колонн в осях А/2 и Б/2 представлено на рис. 31:

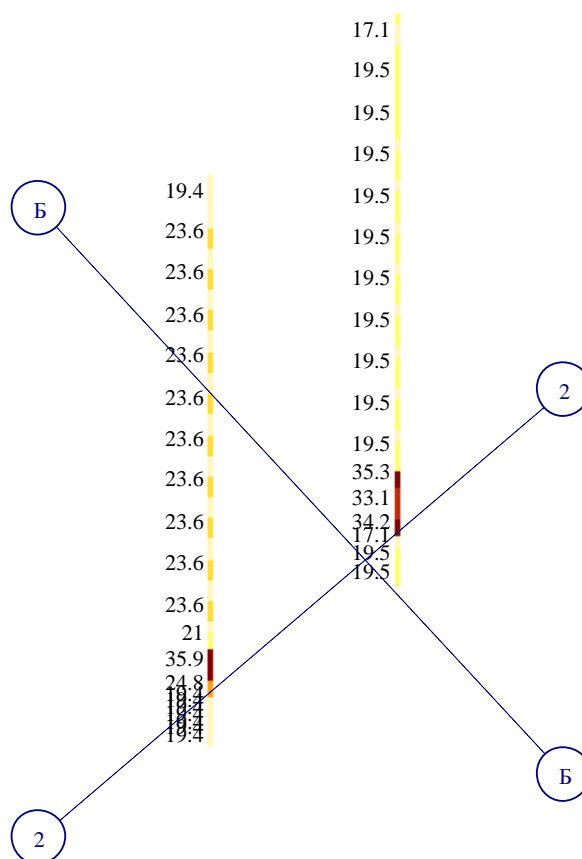


Рис.31 –Площадь армирования колонн осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 800 кг/м<sup>2</sup>

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ

*Таблица 11– Площадь арматуры колонн в осях А/2 и Б/2  
с дополнительной нагрузкой 800 кг/м<sup>2</sup>*

Ось элем.	Сечение колонны	Общая площадь арматуры в сечении, см <sup>2</sup>
А/2	1	21
	2	35.9
	3	24.8
Б/2	1	35.3
	2	33.1
	3	39.6

На основании полученных результатов построим итоговую таблицу, которая показывает количество вышележащих этажей, в зависимости от приложенной нагрузки:

*Таблица 12– Количество надстраиваемых этажей в зависимости от нагрузки*

Нагрузка	Кол-во этажей
Расчетные нагрузки постоянные, временные, стены (отставание на 3 этажа)	15 этажей
Собственный вес	25 этажей
Собственный вес + 200 кг/м <sup>2</sup>	23 этажей
Собственный вес + 400 кг/м <sup>2</sup>	20 этажей
Собственный вес + 600 кг/м <sup>2</sup>	16 этажей
Собственный вес + 800 кг/м <sup>2</sup>	12 этажей

**Вывод:** исходя из полученных результатов, можно сделать определенные выводы. Рассматривая нагрузки в стадии эксплуатации и монтажа, с учетом принятой прочности бетона 50% от проектной, вертикальные конструкции имеют довольно большой запас прочности (по большей части это связано с работой самого материала, так как прочность бетона на сжатие во много раз превосходит его работу на изгиб). По результатам расчета, появляются основания выполнять распалубку вертикальных конструкций, с учетом их дальнейшего набора прочности до 100%. Важно в период выполнения распалубки не заморозить

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		63

конструкцию (во время производства работ в зимний период), иначе при достижении определенного момента и в зависимости от нагрузки могут появиться значительные деформации, превышающие расчётные значения и рассматриваемая конструкция разрушится. Нагрузка в 600 и 800 кг/м<sup>2</sup> приведена для наглядного расчета.

Оптимальное нагружение, которое воспринимается несущими конструкциями будет варьироваться от 100 до 400 кг/м<sup>2</sup>. При определённом нагружении или изменении нагрузки (добавление какой-либо технологической нагрузки) необходимо выполнить проверочный расчет. При повышении или уменьшении рабочего класса бетона данное изменение необходимо учитывать при моделировании и расчете здания в стадии монтажа.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							64
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		



## 2.5. Расчет и результаты горизонтальных конструкций на стадии возведения

Рассмотрим расчет горизонтальных конструкций исследуемого 25-этажного здания и определим количество этажей, которое возможно смонтировать выше принятых конструкций при различно приложенной нагрузке на каждый этаж.

- Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций без распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы) и прочностью перекрытия над 1 этажом 50% от проектной прочности. Прогиб перекрытия над 1 этажом, нижнее и верхнее армирование представлено на рисунке 32 соответственно:

Эпюра прогибов по Z (Стадия 8)

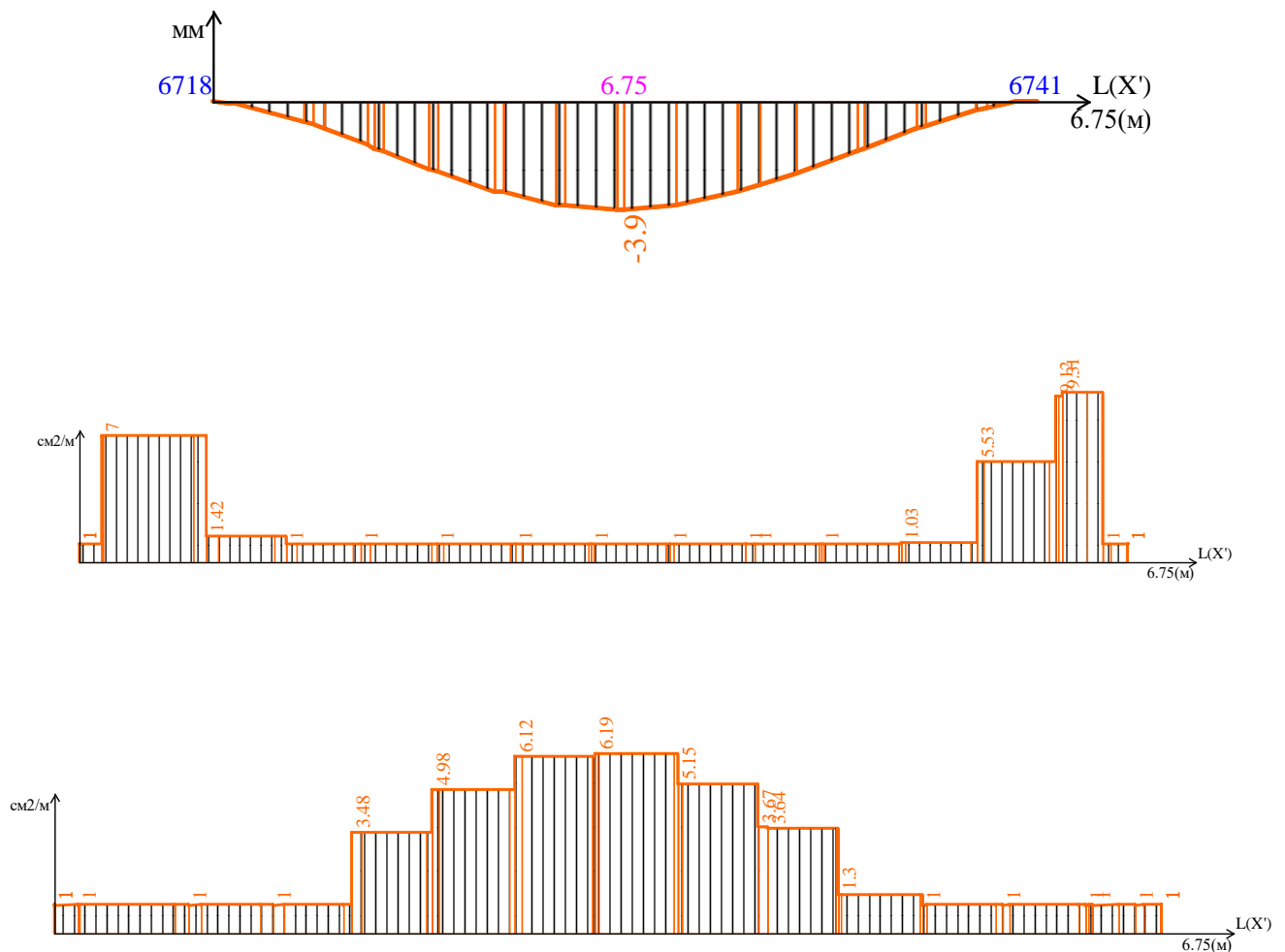
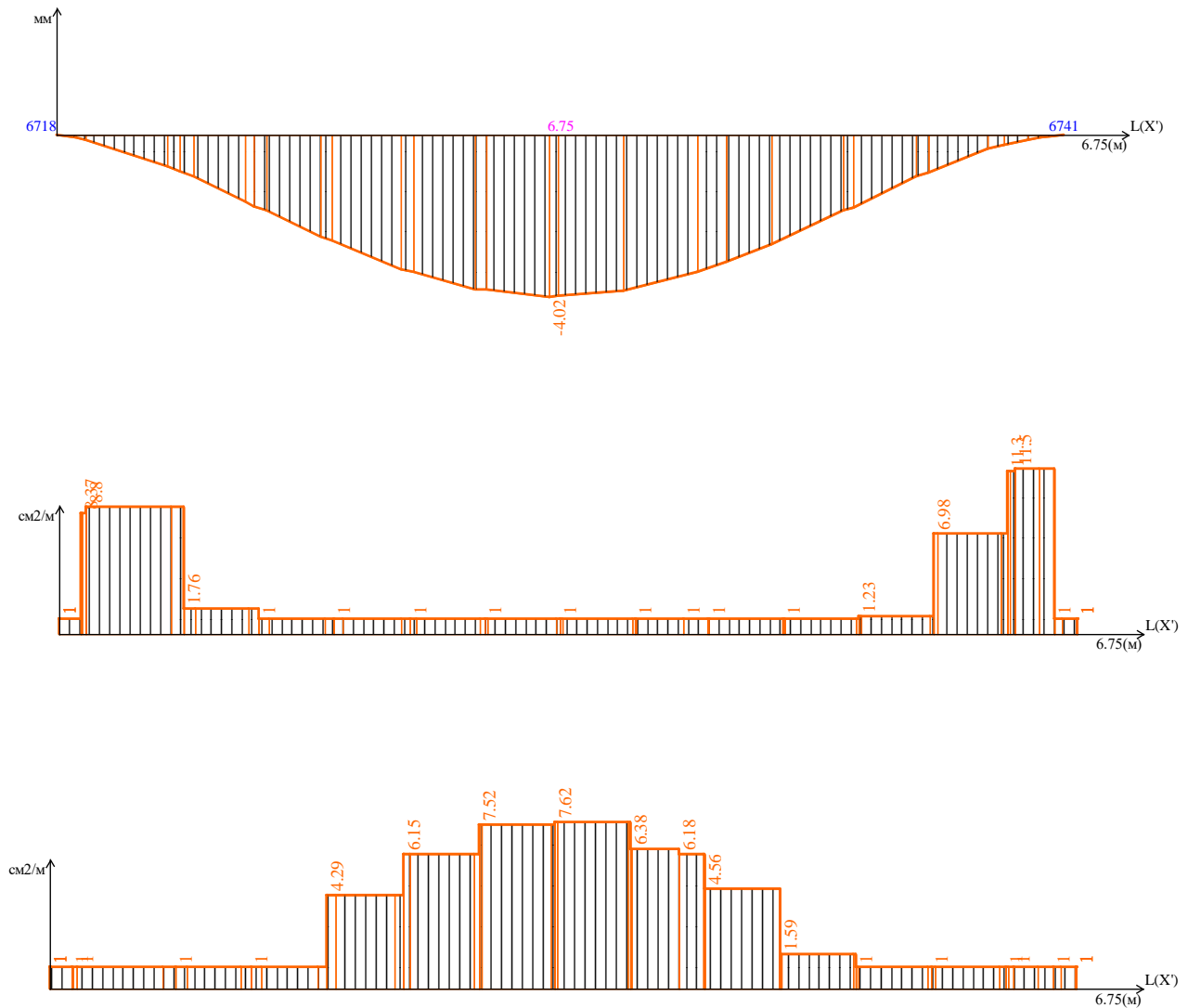


Рис.32– Прогиб перекрытия, верхнее и нижнее армирования в осях А-Б без дополнительных нагрузок

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		65

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы –  $200 \text{ кг/м}^2$ ) и прочностью перекрытия над 1 этажом 50% от проектной прочности. Прогиб перекрытия над 1 этажом, нижнее и верхнее армирование представлено на рисунке 33 соответственно:

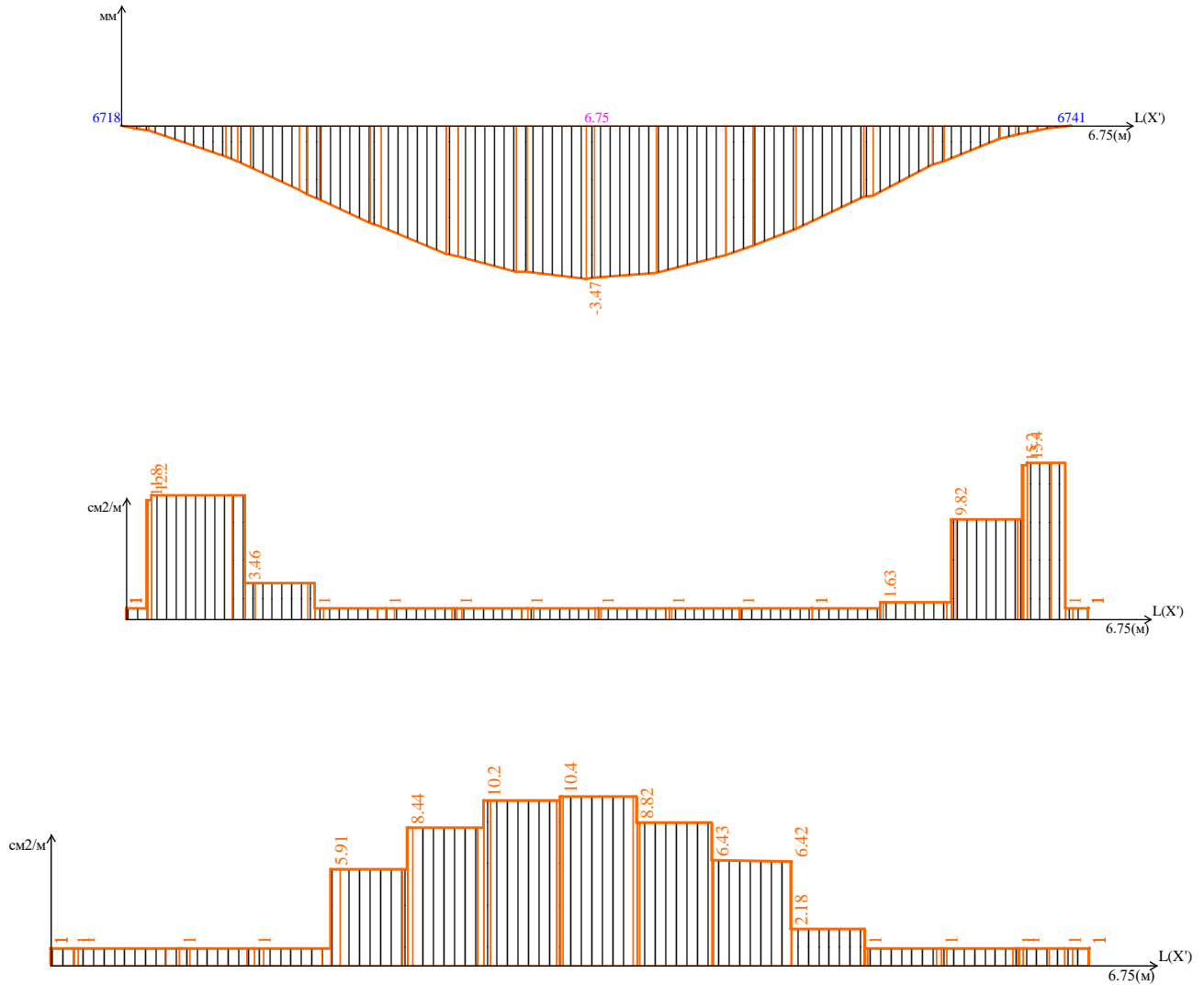


*Рис.33– Прогибы перекрытия, верхнее и нижнее армирование в осях А-Б с дополнительной нагрузкой  $200 \text{ кг/м}^2$*

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы –  $400 \text{ кг/м}^2$ ) и прочностью перекрытия над 1

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		66

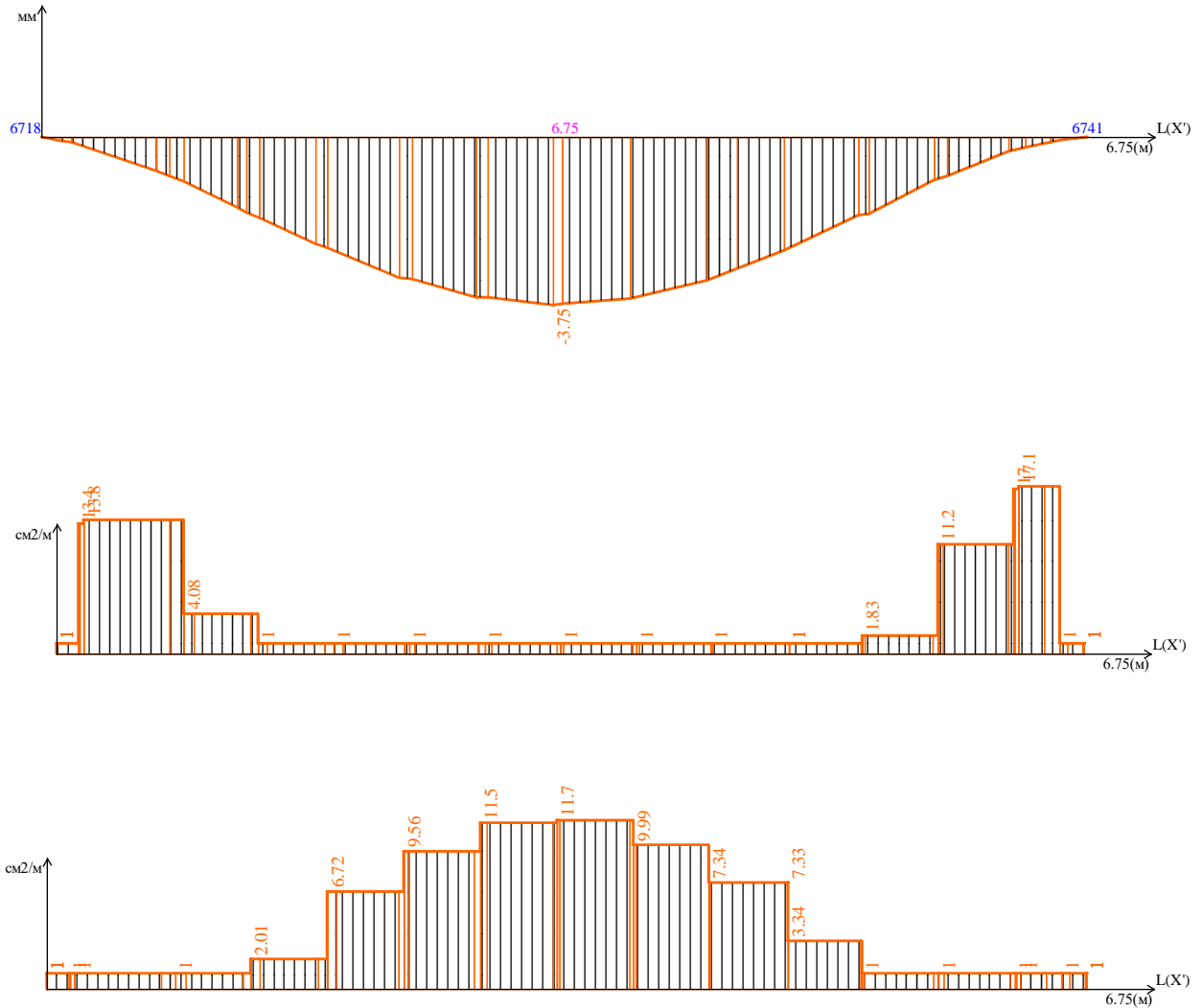




*Рис.35– Прогибы перекрытия, верхнее и нижнее армирования в осях А-Б с дополнительной нагрузкой  $600 \text{ кг/м}^2$*

• Результаты расчета при монтажных нагрузках (собственный вес конструкций с распределенной нагрузки на перекрытие в виде опалубки, арматуры материалов, рабочей силы –  $800 \text{ кг/м}^2$ ) и прочностью перекрытия над 1 этажом 50% от проектной прочности. Прогиб перекрытия над 1 этажом, нижнее и верхнее армирование представлено на рисунке 36 соответственно:

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		68



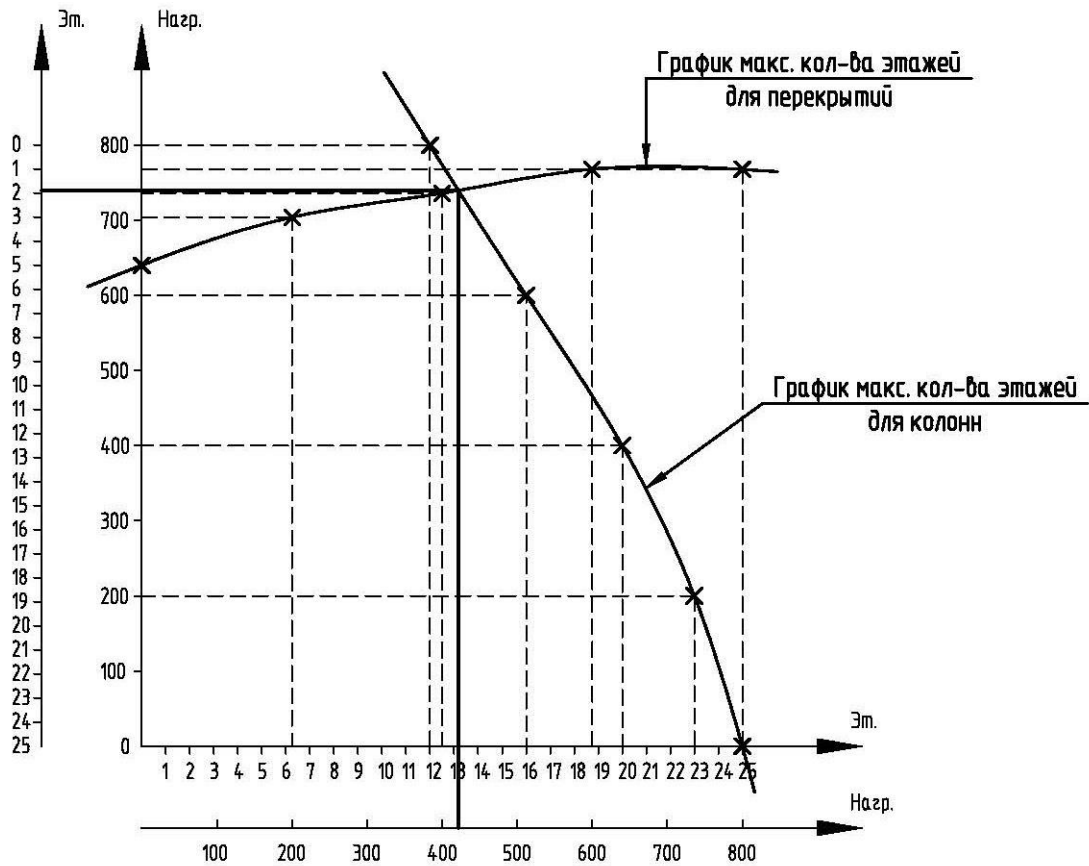
*Рис.36 – Прогiby перекрытия, верхнее и нижнее армирования в осях А-Б  
с дополнительной нагрузкой 800 кг/м<sup>2</sup>*

На основании полученных результатов построим итоговую таблицу, которая показывает количество вышележащих этажей, в зависимости от приложенной нагрузки:

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		69







*Рис.37– График зависимости максимального количества этажей при различной нагрузке*

По результатам построенного графика зависимости количества этажей от нагрузки определим оптимальные значения. Оптимальное количество этажей при расчете вертикальных конструкций получилось равным 13 этажей. Оптимальное значение количества этажей при расчете горизонтальных конструкций получилось равным 2 этажа. Из расчета следует, что для сохранения оптимальных темпов строительства, необходимо большее внимание уделять горизонтальным конструкциям (плитам перекрытия), так как при скоростном строительстве, особенно в зимний период, есть вероятность потери несущей способности при несоблюдении сроков выдерживания бетона и завышенных значений приложенной нагрузки.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата



### 3. Глава 3. Разработка рекомендаций для скоростного возведения зданий с монолитным железобетонным каркасом

#### 3.1. Рекомендации для скоростного строительства в летний и зимний периоды на основании моделирования

Из анализа нормативно-технической литературы, а также различных научных трудов, на основании проведенных расчетов по определению критического напряженно-деформированного состояния разработаем рекомендации для скоростного возведения здания с монолитным железобетонным каркасом.

Пункт 5.17.8 СП 70.13330.2012 носит обязательный характер исполнения на основании ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 4 июля 2020 года N 985. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации [2].

По данным приведенной таблицы, минимальная прочность бетона при распалубке нагруженных конструкций, в том числе от выше лежащих конструкций и бетонной смеси может быть определена ППР и согласовывается с проектной организацией.

В рассмотренном примере 25-этажного здания на основании напряженно-деформированного состояния были просчитаны горизонтальные и вертикальные конструкции в стадии монтажа, сделаны выводы при выполнении трехдневного цикла производства работ (выдерживание бетона в опалубке предполагается 3 дня до набора прочности бетона 50% от проектной прочности).

Данные правила разработаем с целью повышения качества выполнения строительно-монтажных работ (а именно при выполнении раннего нагружения и распалубки несущих конструкций), долговечности и надежности зданий и сооружений, а также уровня безопасности людей на строительной площадке, сохранности материальных ценностей.

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
							73
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Летний период это время года с ожидаемой среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+5^{\circ}\text{C}$  и минимальной суточной температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$

Повышение температуры ускоряет процесс созревания бетона, но необходимо помнить о том, что нагрев свыше  $90^{\circ}\text{C}$  недопустим. При температуре твердения бетона  $75-85^{\circ}\text{C}$  в атмосфере насыщенного пара твердение до 60-70% марочной прочности происходит в течение 12 часов. Прогрев до такой температуры без насыщения паром приводит к высыханию, что также останавливает вызревание (гидратацию). Необходимо помнить, что гидратация невозможна без молекул воды и уход за бетоном заключается, в том числе, и в постоянном увлажнении в процессе набора прочности.

При моделировании были рассмотрены вертикальные конструкции – пилоны (колонны) и горизонтальные конструкции – плиты перекрытия, были получены граничные условия. В зависимости от приложенного воздействия (нагрузки) было определено максимальное количество конструкций, воспринимаемого нижележащей исследуемой конструкцией.

#### **Основные выводы и рекомендации в летний период:**

- Путем моделирования здания в стадии монтажа есть возможность выполнять раннее нагружение и распалубку горизонтальных и вертикальных конструкций при 50% от проектной прочности бетона класса В25;
- Выполнение ранней распалубки горизонтальных и вертикальных конструкций при других различных значениях прочностей бетона требует моделирования и проверочного расчета. На основании полученных данных определяются пределы возможных значений прочности бетона;
- При применении в проекте другого класса бетона, необходимо выполнить проверочный расчет. На основании полученных данных определить возможность выполнения раннего нагружения конструкций и минимальную допустимую распалубочную прочность бетона;
- Ранняя распалубка вертикальных конструкций возможна при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона, на основании проверочного

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							74
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

расчета и при условии, что конструкция продолжит набор прочности до 100% от проектной;

- Раннее нагружение вертикальных конструкций возможно при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона, на основании проверочного расчета и при условии, что нагрузка не будет превышать 50% от эксплуатационной нагрузки;

- Ранняя распалубка горизонтальных конструкций возможна при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона, на основании проверочного расчета и при условии, что конструкция продолжит набор прочности до 100% от проектной;

- Раннее нагружение горизонтальных конструкций возможно при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона, на основании проверочного расчета и при условии, что нагрузка не будет превышать 50% от эксплуатационной нагрузки;

- По результатам расчета вертикальные конструкции по сравнению с горизонтальными конструкциями имеют большой запас прочности (это объясняется работой самого материала, так как бетон хорошо работает на сжатие, чем на растяжение);

- Предельно допустимые нагрузки на вертикальные конструкции находятся в диапазоне от 100 до 800 кг/м<sup>2</sup>, но даже при таких нагрузках определенный запас прочности у конструкций сохраняется. Рассматривать нагрузки свыше 400 кг/м<sup>2</sup> не целесообразно, так как при таком воздействии скорее всего может возникнуть аварийная ситуация;

- Предельно допустимые нагрузки на горизонтальные конструкции находятся в диапазоне от 100 до 400 кг/м<sup>2</sup>, при таких нагрузках горизонтальные конструкции работают на пределе материала. Превышая данный диапазон нагрузок, может возникнуть изменчивость системы, а значит аварийная ситуация;

- При производстве работ и скоростном возведении здания необходимо четко руководствоваться результатами моделирования, а также соблюдать необходимые

											Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>					75

мероприятия во избежание чрезмерного нагружения монтируемых строительных конструкций;

- При монтаже горизонтальных конструкций обязательным требованием является переопирание стоек опалубки не более чем на 3 яруса ниже монтируемой конструкции;

- Стойки необходимо располагать с расстоянием 1,5х1,5 м с условием, что каждая стойка будет воспринимать определенно-допустимую нагрузку, принятую по рекомендациям изготовителя опалубки;

Зимний период это время года с ожидаемой среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +5°C и минимальной суточной температурой ниже 0°C.

Если работы выполняются в зимнее время, то необходимо обеспечить набор критической прочности бетона. Критическая прочность – параметр крайне важный при заливке бетонного раствора в условиях низких температур. Дело в том, что проектная прочность бетона появляется только на 28 день вызревания, при условии соблюдения технологии твердения, а соответственно и температурного режима (не ниже + 20°C). При более низкой температуре срок твердения бетона увеличивается, а при отрицательной прекращается.

При температуре ниже 0°C останавливается набор прочности бетона, в силу прекращения гидратации – связывания молекул воды и клинкерных составляющих цемента, образующих цементный камень. Если температура опускается ниже — 3°C начинаются фазовые превращения воды, что приводит к разрушениям структуры невызревшего бетона и потери прочности. Как показали проведенные опыты, образцы, набравшие критическую прочность, то есть вызревшие до определенного состояния, после замерзания и оттаивания не подвергаются разрушению и в дальнейшем продолжают набирать прочность, а образцы, замороженные на раннем сроке твердения, характеризуются потерей прочности до 50%.

Критической прочностью бетона В25 является набор прочности материалом 40% от проектного значения. В работе рассмотрена 50% прочность бетона от проектной.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		76

### **Основные выводы и рекомендации в зимний период:**

- Путем моделирования здания в стадии монтажа есть возможность выполнять раннее нагружение и распалубку горизонтальных и вертикальных конструкций в зимний период при 50% от проектной прочности бетона класса В25, при этом бетону необходимо набрать критическую прочность;
- Выполнение ранней распалубки горизонтальных и вертикальных конструкций в зимний период при других различных значениях прочности бетона требует моделирования и проверочного расчета. На основании полученных данных определяются пределы возможных значений прочностей бетона, но минимальная прочность распалубки в зимней период не должна быть ниже критической прочности;
- При применении в проекте другого класса бетона, необходимо выполнить проверочный расчет. На основании полученных данных определить возможность выполнения раннего нагружения конструкций и минимальную допустимую распалубочную прочность бетона. Минимальная прочность распалубки в зимней период не должна быть ниже критической прочности при выборе определенного класса бетона;
- Ранняя распалубка вертикальных конструкций в зимний период возможна при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона (бетон должен набрать критическую прочность), на основании проверочного расчета и при условии, что конструкция продолжит набор прочности до 100% от проектной (для продолжения набора прочности необходимо использовать методы зимнего бетонирования);
- Раннее нагружение вертикальных конструкций в зимний период возможно при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона, на основании проверочного расчета и при условии, что нагрузка не будет превышать 50% от эксплуатационной нагрузки;
- Ранняя распалубка горизонтальных конструкций в зимний период возможна при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона, на основании проверочного расчета. Так как при расчете моделируются оптимальные условия

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ

Лист

строительства, отличающиеся от реальных условий на строительной площадке, то следует производить распалубку горизонтальных конструкций при достижении 100% прочности от проектной;

- Раннее нагружение горизонтальных конструкций в зимний период возможно при минимальной допустимой распалубочной прочности бетона или при достижении бетоном 100% прочности от проектной, на основании проверочного расчета и при условии, что нагрузка не будет превышать 50% от эксплуатационной нагрузки;

- Предельно допустимые нагрузки на вертикальные конструкции находятся в диапазоне от 100 до 800 кг/м<sup>2</sup>, но даже при таких нагрузках определенный запас прочности у конструкций сохраняется. При выполнении работ в зимний период для конструкций, которые набрали критическую прочность, необходимо создать условия для дальнейшего набора прочности. Рассматривать нагрузки свыше 400 кг/м<sup>2</sup> не целесообразно, так как при таком воздействии скорее всего может возникнуть аварийная ситуация;

- Предельно допустимые нагрузки на горизонтальные конструкции находятся в диапазоне от 100 до 400 кг/м<sup>2</sup>, при таких нагрузках горизонтальные конструкции работают на пределе материала, а при работе в зимний период необходимо внимательно следить за прочностью горизонтальных конструкций. Превышая данный диапазон нагрузок, может возникнуть изменяемость системы, а значит аварийная ситуация;

- При производстве работ и скоростном возведении здания необходимо четко руководствоваться результатами моделирования, а также соблюдать необходимые мероприятия во избежание чрезмерного перегруза монтируемых строительных конструкций. Данная рекомендация актуальна в зимний период, так как конструкция не только может быть перегружена снеговым покровом, но и иметь низкую прочность бетона. При не выполнении рекомендаций и при неблагоприятном стечении обстоятельств может возникнуть аварийная ситуация;

- При монтаже горизонтальных конструкций обязательным требованием является переопирание стоек опалубки не более чем на 3 яруса ниже монтируемой

											Лист	
											78	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ						

конструкции. В зимний период необходимо, чтобы нижележащие конструкции имели прочность не менее 100% от проектной прочности для безопасного опирания стоек опалубки;

Данные рекомендации были получены на основании численного моделирования напряженно-деформированного состояния монолитного железобетонного здания, принятого для исследования. Выводы можно сопоставить, как с исследуемым зданием, так и для другого монолитного железобетонного здания, при условии выполнения и расчета и полного анализа его работы.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							79
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

### 3.2. Общие рекомендации для скоростного строительства в летний и зимний периоды

На основании моделирования 25-этажного здания были сделаны выводы и разработаны рекомендации для скоростного возведения здания с монолитным железобетонным каркасом в летний и зимний периоды. Проанализируем и рассмотрим, на каких этапах производства работ есть возможность сэкономить время, тем самым увеличить скорость и темп возведения.

Границы перехода к строительству в скоростном режиме достаточно условны. Обычно скоростным называют любое строительство, где удается существенно сократить нормируемые сроки возведения объекта. Освоить технологию быстрого возведения удастся немногим строительным компаниям. Дело в том, что на сегодняшний день не существует единого подхода, для реализации технологии скоростного возведения зданий с монолитным железобетонным каркасом, поэтому каждая компания применяет свои оригинальные решения и приемы для ведения строительных работ. По-сути, еще не сформировалось четкое понимание скоростного возведения зданий, поэтому данной технологии не дано конкретного описания.

В связи с этим есть возможность рассмотреть модель скоростного возведения зданий с монолитным железобетонным каркасом с точки зрения организации и технологии возведения.

На основе анализа методов возведения объекта, построенных с высокими темпами, выявлены и представлены в виде рекомендаций особенности строительных процессов для скоростного возведения, а также показаны основные направления совершенствования технологии и организации этих процессов.

*Совершенствование технологии опалубочных работ может быть выражено через:*

- Рациональный подбор опалубки и эффективные решения по опалубливанию конструкций (использование только системной опалубки; составление спецификации опалубки на основе автоматизированной раскладки; подбор дополнительных стоек промежуточного опирания перекрытия);

																					Лист	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата																	80





- Разработку и внедрение оптимальной технологии комплексного ведения работ;
- Разработка норм времени выполнения работ для успешного планирования;
- Развитие логистики для своевременного обеспечения ресурсами строительной площадки;
- Разработку эффективной системы контроля рабочего процесса и мотивации сотрудников;

В совокупности, если выполнить совершенствование предложенных технологий для всех видов работ, описанных выше, это позволит повысить скорость и темп строительства. По сравнению с традиционной моделью возведения зданий с монолитным железобетонным каркасом предложенные технологии позволят снизить затраты и в целом увеличить эффективность строительства.

										Лист
										82
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>				

### Выводы по 3 главе

1. На основании полученных результатов напряжённо-деформированного состояния монолитного железобетонного здания в стадии монтажа были разработаны и прописаны рекомендации для ранней распалубки горизонтальных и вертикальных конструкций; разработаны и прописаны рекомендации для раннего нагружения горизонтальных и вертикальных конструкций; разработаны и прописаны рекомендации при выполнении работ в летний и зимний периоды для разных типов конструкций;

При выполнении данных рекомендаций появляется возможность ускорить работы по возведению зданий с монолитным железобетонным каркасом, так как выдерживание бетона сокращается, опалубка демонтируется и устанавливается раньше, тем самым процесс производства работ увеличивается.

2. Помимо рекомендаций на основании напряженно-деформированного состояния было рассмотрено совершенствование технологий по основным направлениям в процессе производстве работ, а также при организации этих процессов. Были рассмотрены технологии совершенствования опалубочных работ, арматурных работ, бетонных работ. Данные рекомендации при правильном и обоснованном подходе могут увеличить эффективность и скорость возведения зданий с монолитным железобетонным каркасом.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		83

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основании проведенного исследования было выявлено увеличение доли монолитного строительства, а также высотности зданий с монолитным железобетонным каркасом. Проанализирована нормативно-техническая документация России и зарубежных стран, сделан вывод о том, что есть необходимость в выполнении расчетов зданий в стадии монтажа для понимания работы каркаса и темпов возведения зданий.

2. Выполнено моделирование напряжённо-деформированного состояния высотного здания с монолитным железобетонным каркасом и определен момент наступления потери несущей способности для горизонтальных и вертикальных конструкций при различных нагрузках на основании эксплуатационного расчета.

3. Скорость возведения каркаса здания напрямую зависит от распалубочной прочности бетона, а также от выполнения раннего нагружения. На основании расчета были прописаны рекомендации для скоростного возведения зданий с монолитным каркасом в летний и зимние периоды, а также было рассмотрено совершенствование технологий по основным направлениям в процессе производстве работ и при организации этих процессов.

											Лист
											84
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>					

### Библиографический список

1. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции». Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением №1)
2. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями №1, 3)
3. СП 435.1325800.2018 «Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ».
4. СТ-НП СРО ССК-04-2013 «ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОЙ КОНТРОЛЬ БЕТОНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД»
5. 2000 INTERNATIONAL BUILDING CODE
6. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary.
7. DIN 1045-1-2008. Concrete, reinforced and prestressed concrete structures - Part 1: Design and construction.
8. DIN 1045-3-2008. Concrete, reinforced and prestressed concrete structures - Part 3: Execution of structures.
9. Иванов, В.Ф История строительной техники. – Ленинград: Госстройиздат, 1962. – 563 с.
10. Тамразян А.Г. А.Ф. Лолейт. История развития железобетона : библиографический очерк Э А.Г. Тамразян; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. ун-т. – Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2018 – 184 с.
11. Аварии зданий и сооружений : (уроки строительных аварий) / А. Х. Байбурун, И. В. Стоякин. - Челябинск : Цицеро, 2019. - 124 с.
12. Перельмутер А.В., Кабанцев О.В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой. – Москва: Издательство СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ, 2015. – 148 с.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		85

13. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – 4 изд. – Москва: Издательство СКАД СОФТ, 2011. - 736 с.
14. Никоноров, С.В. Технология раннего нагружения монолитных перекрытий при использовании балочно-стоечной опалубки / С.В. Никоноров, О.А. Тарасова // Инженерно-строительный журнал, 2010. №4(14). С. 17–20.
15. Пикус, Г.А. Монтажная устойчивость строительных конструкций / Г.А. Пикус // Наука ЮУрГУ: материалы 62-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – Т.1, С.219 – 222.
16. Пикус, Г.А. Устойчивость строительных конструкций зданий с учетом податливости узлов в процессе возведения / Г.А. Пикус // Наука ЮУрГУ: материалы 63-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Т.1, С.166 – 169.
17. Семенов А.А., Порываев И.А., Кузнецов Д.В., Нгуен Т.Х., Сайтгалина А.С., Трегубова Е.С. Напряженно-деформированное состояние высотного здания с учетом последовательности возведения, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №12(63). С.49-70.
18. Poojaara S.D., Patel P.V. Axial deformation of columns in multi-storey Reinforced Concrete Buildings//International Journal of Civil Engineering and Technology. 2014, Vol. 5, Issue 3. 294-300 p
19. Baofeng Pan, Gang Li. Finite element simulation on cantilever construction structure//Proceeding of International conference on innovations in electrical and civil engineering (ICIECE2012) May 26-27. 2012. Phuket. 181-186 p.
20. Кабанцев О.В. Перельмутер А.В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации//Инженерно-строительный журнал. 2015. № 1 (53). С. 6-14.
21. Hussein M. Elsanadedy, Tarek H. Almusallam, Yousef A. Al-Saloum, Husain Abbas. Investigation of precast RC beam-column assemblies under column-loss scenario. Construction and Building Materials. Volume 142. 2017. Pp. 552-571.

						АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		86

22. Завьялова О.Б. Учет истории возведения и нагружения сборных рамных каркасов //Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 34-39.

23. Завьялова О.Б. Учет истории нагружения монолитных железобетонных плитно-стержневых систем при определении напряженного состояния их элементов//Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 58-61.

24. Завьялова О.Б. Расчёт железобетонных каркасов с учётом истории возведения и нагружения: моногр. / О.Б. Завьялова, А.И. Шеин. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 120 с

25. Richard J. Balling, S.E.; Jacob S. Lee Simplified Mode for Analysis and Optimization of Skyscrapers with Outrigger and Belt Trusses // Journal of Structural Engineering. 2014. Vol 141. No. 9.

26. Барабаш М. С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий//International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2012. № 8, Issue 3. С. 58-67.

27. Сапожников А.И., Григоршев С.М. Учет последовательности возведения зданий различной конструктивной схемы//Известия вузов. Строительство. 2010. № 2. С. 96-105.

28. Завьялова О.Б., Учет ползучести и старения бетона в строительной механике наращиваемых тел (обзор)// Перспективы развития строительного комплекса. 2015.№ S1. С. 237-243.

29. Супрун А.Н., Некоторые проблемы расчета строительных конструкций с учетом технологии возведения сооружений//Приволжский научный журнал. 2016. №1.С. 9-17.

30. Сапожников А.И., Григоршев С.М. Учет последовательности возведения зданий методом конечных элементов с поэтапным формированием расчетной модели//Строительная механика и расчет сооружений. 2010. №1. С. 19-26.

										Лист
						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>				87
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

31. К.Н. Mosallam, W.-F. Chen. Design considerations for formwork in multistory concrete buildings. Construction and Building Materials. Volume 6, Issue 1. 1992. Pp. 23-30.

32. Семенов, К.О. Устойчивость ригелей многоэтажных зданий с учетом возведения / К.О. Семенов // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 67-й научной конференции – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – Т. 1. – С. 262-265.

33. Обзоры жилищного строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://erzrf.ru/?region=moskva&regionKey=143443001&costType=1>. – Дата доступа: 15.12.20.

34. Головнев, С.Г. Технология ускоренного возведения многоэтажных зданий из монолитного бетона / С.Г. Головнев, Л.А. Беркович // АКАДЕМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2009. № 1. – С. 28-30.

35. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. - К.: Изд-во «Сталь», 2014.-301 с.

36. Галумян, А. В. Некоторые организационно-технологические особенности современного скоростного строительства [Текст] / А. В. Галумян, Л. В. Зиневиц // Вестник МГСУ. – 2009. – №3. – С. 29–30.

37. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е, Ромашкина М.А. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание, 2017г., – 535 с.

38. САПФИР 2014. Учебное пособие. Бойченко В.В., Медведев Д.В., Палиенко О.И., Шут А.А. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого.– К.: Издательство 2014.– 130 с.

39. Малахова, А.Н. Проектирование железобетонных конструкций с использованием программного комплекса ЛИРА : учебное пособие / А.Н. Малахова, М.А. Мухин ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2015. 120 с.

																		Лист	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ													88





нагрузки и деформирования / О. В. Кабанцев, В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2011. – Vol. 7, Issue 3. – С. 110–117.

49. Кабанцев, О. В. Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции / О. В. Кабанцев, А. Г. Тамразян // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 5. – С. 15–26.

50. Пуляевский, Д. В. Напряженно-деформированное состояние железобетонных мостов с учетом стадийности сооружения, усадки и ползучести бетона / Д. В. Пуляевский // Транспортное строительство. – 2007. – № 2. – С. 26–28.

51. Шейн, А. И. Расчет монолитных железобетонных каркасов с учетом последовательности возведения, физической нелинейности и ползучести бетона / А. И. Шейн, О. Б. Завьялова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 5. – С. 64–69.

52. Вознюк, А. Б. Мониторинг в процессе строительства напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и грунтов основания высотных зданий в Москве / А. Б. Вознюк, Н. К. Капустян, В. К. Таракановский, А. Н. Климов // Будівельні конструкції. – 2010. – Вып. 73. – С. 461–467.

53. Перельмутер, А. В. Моделирование процесса монтажа и создания преднапряжения / А. В. Перельмутер // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений. – Челябинск, 2012. – С. 7–9.

						<i>АС-393-08.04.01-2021-008-ПЗ</i>	Лист
							90
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		