

На правах рукописи



Терехов Иван Александрович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННЫХ
ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ
РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ И МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
ИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАМНО-ФЕРМЕННЫХ БЛОКОВ**

05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2019

Работа выполнена в Акционерном обществе «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Трекин Николай Николаевич

Официальные оппоненты:

Римшин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН, федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», руководитель института развития города

Кузеванов Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева – структурное подразделение Акционерное общество «Научно-исследовательский центр «Строительство», старший научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный инженерно-технологический университет»

Защита состоится «09» октября 2019 г., в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 218.005.05 созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9 (7 корпус МИИТ, Минаевский пер., д. 2, ауд. 7618).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте РУТ (МИИТ), www.miit.ru.

Автореферат разослан «03» сентября 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Шавыкина Марина Витальевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

В настоящее время увеличивается потребность в многофункциональных многоэтажных зданиях, в которых располагаются помещения различного назначения, в том числе требующие большепролетных перекрытий. Такие здания в настоящее время выполняют из железобетонных или стальных конструкций.

Современным направлением строительства общественных, торгово-развлекательных и производственных зданий являются здания с гибкой планировкой этажей, которая позволяет производить изменение планировочных решений в течение всего срока эксплуатации здания.

Универсальным конструктивным решением, которое может быть использовано в зданиях различного функционального назначения, является расположение этажей в межферменном пространстве.

Такие здания строились с привязкой к конкретному функциональному или технологическому процессу, поэтому почти для всех зданий разрабатывались индивидуальные проекты. Размещаемые этажи в межферменном пространстве являлись техническими.

Используя данный подход, рационально размещать в многоэтажных зданиях в пределах высоты ферм (между верхним и нижним поясом) полноценно эксплуатируемые этажи, а между фермами по высоте формировать большепролетные этажи со свободной планировкой. В одноэтажных производственных зданиях возможно устройство дополнительного этажа в пределах высоты фермы.

Нижние и верхние пояса фермы могут работать совместно с перекрытиями и покрытием (далее – перекрытия), образуя двухэтажную сталежелезобетонную конструкцию, объединенную в пространственный рамно-ферменный блок.

Следует отметить, что разработка унифицированных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий с расположением в пределах высоты металлической фермы дополнительного этажа для одноэтажных и многоэтажных зданий различного функционального назначения до настоящего времени не проводилась.

Таким образом, тематика диссертации является актуальной и требует проведения исследований в части объемно-планировочных и конструктивных решений, а также разработки рекомендаций по расчету зданий из рамно-ферменных блоков.

Степень разработанности темы исследований

Вопросы межотраслевой унификации и исследования по разработке объемно-планировочных и конструктивных решений с использованием большепролетных перекрытий в разное время в отечественной и зарубежной практике проводили: Ватман Я.П., Гранев В.В., Карташов К.Н., Лаковский Д.М., Хромец Ю.Н. (межотраслевая унификация); Быков В.В., Истомин Б.С., Кутухтин Е.Г., Ландау Л.Г., Лейкина Д.К., Шерешевский И.А., Шубин Л.Ф., Gross J.G. (объемно-планировочные решения); Дыховичный А.А., Кодыш Э.Н., Лепский В.И., Сборщиков С.Б., Трекин Н.Н., Nethercot D.A. (конструктивные решения); Глуховский А.Д., Еремеев П.Г., Келасьев Н.Г., Schueller W. (большепролетные перекрытия) и многие другие.

Вопросами расчета конструкций с учетом геометрической и физической нелинейности, а также их совместной работы занимались: Байков В.Н., Бондаренко В.М., Васильев А.П., Васильков Б.С., Гвоздев А.А., Залесов А.С., Карпенко Н.И., Кодыш Э.Н., Колчунов В.И., Король Е.А., Косицын С.Б., Клевцов В.А., Крылов С.Б., Кузеванов Д.В., Лолейт А.Ф., Мамин А.Н., Мухамедиев Т.А., Никитин И.К., Римшин, В.И., Складнев Н.Н., Тамразян А.Г., Тонких Г.П., Трекин Н.Н., Федоров В.С., Федорова Н.В., Ханджи В.В., Холмянский М.М., Kemp E.L., Torrenti J.-M., Zienkiewicz O.C. (железобетонные конструкции); Беленя Е.И., Ведяков И.И., Еремеев П.Г., Келасьев Н.Г., Кудишин Ю.И., Кузнецов В.В., Одесский П.Д., Травуш В.И., Туснин А.Р. (стальные конструкции), Белостоцкий А.М., Перельмутер А.В., Сидоров В.Н. (компьютерное моделирование) и многие другие.

Вопросы разработки унифицированных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий из рамно-ферменных блоков, обеспечивающих свободную планировку этажей, а также напряженно-деформированное состояние рамно-ферменных блоков требуют проведения дополнительных исследований.

Цель и задачи.

Целью диссертационной работы является разработка объемно-планировочных и конструктивных решений и рекомендаций по расчету зданий из рамно-ферменных блоков, обеспечивающих свободную планировку этажей,

Для достижения цели, поставленной в работе, решены следующие задачи:

1. Обоснование и формирование объемно-планировочных решений с унифицированными параметрами зданий различного функционального назначения из пространственных рамно-ферменных блоков;
2. Разработка рациональных конструктивных решений зданий из пространственных рамно-ферменных блоков;
3. Исследование напряженно-деформированного состояния и развитие методики расчета узловых сопряжений перекрытий из сборных железобетонных ребристых плит с поясами ферм;
4. Исследование работы пространственных рамно-ферменных блоков с монолитным перекрытием и разработка методики расчета;
5. Исследование способов защиты от прогрессирующего обрушения одноэтажного производственного здания с межферменным этажом при гипотетическом удалении угловой колонны.

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке научно-обоснованных технических решений одноэтажных и многоэтажных зданий из рамно-ферменных блоков, в том числе:

1. Обоснованы объемно-планировочные решения одноэтажных и многоэтажных зданий универсального назначения, обеспечивающие свободную планировку этажей, определены унифицированные параметры конструкций ферм и перекрытий;
2. Разработаны конструктивные решения пространственных рамно-ферменных блоков одноэтажных и многоэтажных зданий;
3. Усовершенствована методика расчета неразрезного сборного перекрытия из ребристых плит, учитывающая податливость узловых сопряжений;

4. Разработана методика расчета пространственных рамно-ферменных блоков, позволяющая эффективно учесть совместную работу монолитного перекрытия по профилированному настилу с поясами ферм;

5. Разработано конструктивное решение, позволяющее обеспечить защиту одноэтажных зданий от прогрессирующего обрушения при гипотетическом удалении угловой колонны.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Предлагаемые унифицированные объемно-планировочные и конструктивные решения одноэтажных и многоэтажных зданий из пространственных рамно-ферменных блоков внедряются в практику строительства, что подтверждено включением их в СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» и пособие «Проектирование многоярусных гаражей-стоянок на стальном каркасе».

Разработанные рекомендации и методика расчета пространственных рамно-ферменных блоков для зданий с различными параметрами могут быть использованы проектировщиками.

Для защиты от прогрессирующего обрушения одноэтажных производственных зданий предложено техническое решение с устройством подкосов со скользящей опорой, которое внедрено в «Пособие по проектированию мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения».

Методология и методы диссертационного исследования.

Работа основана на многолетнем опыте проектирования типовых конструкций и разработке нормативных документов по одноэтажным и многоэтажным зданиям АО «ЦНИИПромзданий», теоретических исследованиях напряженно-деформированного состояния рамно-ферменного блока, применении численных методов строительной механики (метод конечных элементов).

Численное экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния пространственного блока проводилось на сертифицированном программном комплексе ЛИРА-САПР 2013 в двух типах моделей: из плоских и объемных конечных элементов, моделирующих узловые сопряжения конструкций с различными жесткостными параметрами.

Положения, выносимые на защиту:

- объемно-планировочные решения одноэтажных и многоэтажных зданий из пространственных рамно-ферменных блоков, обеспечивающих свободную планировку этажей;

- конструктивные решения рамно-ферменных блоков со сборным и монолитным перекрытием, в том числе рекомендуемая номенклатура конструкций для универсальных зданий с пролетами 12, 15 и 18 м;

- рекомендации по расчету неразрезного сборного перекрытия из ребристых плит с учетом податливости узловых сопряжений;

- методика расчета пространственного рамно-ферменного блока с учетом податливости сопряжений монолитного перекрытия с поясами ферм;

- конструктивные мероприятия по защите от прогрессирующего обрушения одноэтажного производственного здания при удалении угловой колонны.

Степень достоверности результатов.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием методик расчета, основанных на положениях сопротивления материалов, строительной механики, теории расчета металлических и железобетонных конструкций, сертифицированных программных комплексов при проведении численного исследования, корректным использованием экспериментальных данных.

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы докладывались на следующих отечественных и зарубежных научно-технических мероприятиях:

- V Юбилейный Российский инвестиционно-строительный форум, конференция – «Проектирование стальных конструкций», г. Москва, 2016 г.;
- 1-я Общероссийская конференция «Steel Construction», сессия – «Нормативная база в области изготовления и проектирования металлоконструкций», г. Москва, 2016 г.;
- 2-я Международная выставка «Металлоконструкции», сессия – «Идеальная многоярусная парковка из металлоконструкций», г. Москва, 2017 г.;
- Международная научно-практическая конференция «Инновации в строительстве – 2017», БГИТУ, г. Брянск, 2017 г.;
- 2-й Международный симпозиум по долговечности и устойчивому развитию конструкционного бетона DSCS 2018, г. Москва, 2018 г.;
- XXII Международная научная конференция «CONSTRUCTION – THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT» (FORM-2019), г. Ташкент, 2019 г.

Публикации.

За время обучения в аспирантуре АО «ЦНИИПромзданий» с 2015 по 2019 гг. принимал участие в разработке СП 355.1325800.2017, СП 366.1325800.2017, пособий к СП 63.13330.2012, соавтор учебника «Железобетонные конструкции» в двух частях (издание 2018 г.).

По материалам диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК и 1 статья в издании, представленном в базе данных Scopus.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы, включающего 152 наименования, и приложений. Работа изложена на 164 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунка, 24 таблицы и 3 приложения.

Основное содержание и положения, составляющие научную новизну диссертации, соответствуют п.п. 1, 2, 3 Паспорта специальности 05.01.23 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована актуальность темы диссертации, уровень разработанности данной проблемы, обоснованы теоретическая и практическая значимость работы, определены цели и задачи, показана научная новизна исследования.

В первой главе выполнен анализ существующих конструктивных решений зданий, с помощью которых достигается гибкость планировочного пространства.

Рассмотрено применение стальных балок со сплошной и перфорированной стенкой в перекрытиях на примере гаражей-стоянок. В обзоре приведены конкретные здания и показана экономическая эффективность применения перфорированных балок. Однако, относительно большая высота балок ограничивает их применение.

Рассмотрено применение укрупненной сетки колонн на верхнем этаже в двух- и многоэтажных зданиях с учетом запрета применения крановых конструкций в верхних этажах производственных зданий.

Показан опыт успешного применения сотовых монолитных конструкций и «несущих этажей». Наиболее успешное применение данные конструктивные решения находят при проектировании на участке со сложным рельефом, при необходимости перекрытия больших пролетов (более 20 м) или при реконструкции.

Приведены примеры зданий с межферменными этажами.

На основании проведенного анализа была сформулирована задача – разработать универсальное объемно-планировочное и конструктивное решение, при котором в пределах высоты фермы расположен промежуточный этаж, а выше и ниже – этажи, позволяющие осуществлять гибкую планировку. Для массового применения в одноэтажных и многоэтажных зданиях различного функционального назначения это решение должно отвечать требованиям унификации параметров.

Во второй главе выполнено формирование унифицированных объемно-планировочных решений зданий, в которых межферменные этажи являются рамно-ферменными блоками, обеспечивающими свободную планировку этажей.

Многоэтажные здания из рамно-ферменных блоков могут быть различного функционального назначения, что обеспечивается наличием прямоугольного проема в средней панели фермы, позволяющего организовать проходы и транспортные коммуникации (рисунок 1).

Основными пространственными несущими конструкциями двух смежных этажей являются металлические фермы с параллельными поясами, в пределах высоты которых (между верхним и нижним поясами ферм) расположены промежуточные этажи, а между фермами по высоте – этажи со свободной планировкой. Нижние и верхние пояса фермы работают совместно с перекрытиями, образуя двухэтажную сталежелезобетонную конструкцию. Унифицированные размеры фермы определяются исходя из необходимой высоты этажа, пролета и расстояния между узлами опирания плит (в сборном варианте).

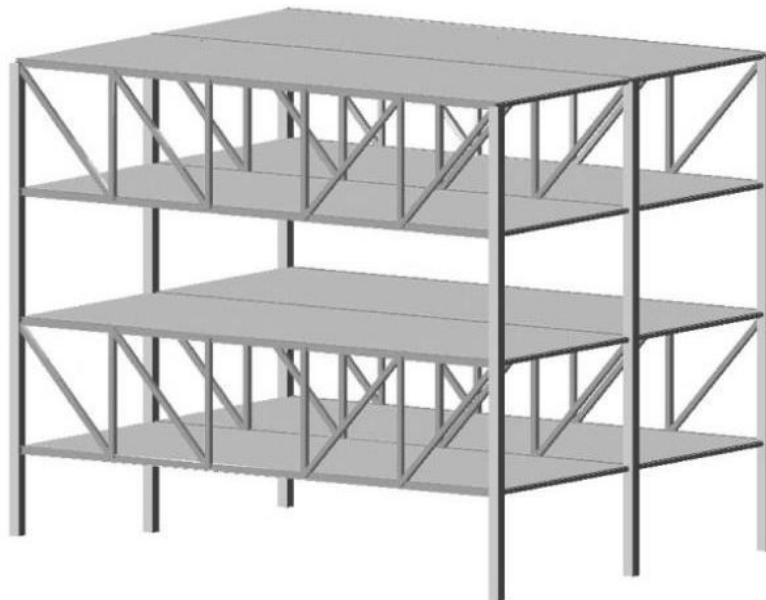


Рисунок 1 – Фрагмент пространственной модели многоэтажного здания из рамно-ферменных блоков

Перекрытие может быть выполнено в двух вариантах – монолитным и из сборных железобетонных плит.

В зданиях из рамно-ферменных блоков имеется два типа этажей:

- со свободной планировкой;
- промежуточные (в пределах высоты ферм).

В связи с тем, что средняя панель фермы свободна от раскосов, организация пространства на промежуточных этажах может выполняться по коридорной схеме. С двух сторон от коридора могут располагаться помещения, ширина которых равна шагу ферм. В панелях ферм, в которых находятся раскосы, возможна установка дверных проемов для взаимосвязи помещений.

Расположение в пределах высоты фермы дополнительного этажа может осуществляться в одноэтажных промышленных зданиях с устройством перекрытия в зоне нижнего пояса фермы (рисунок 2).

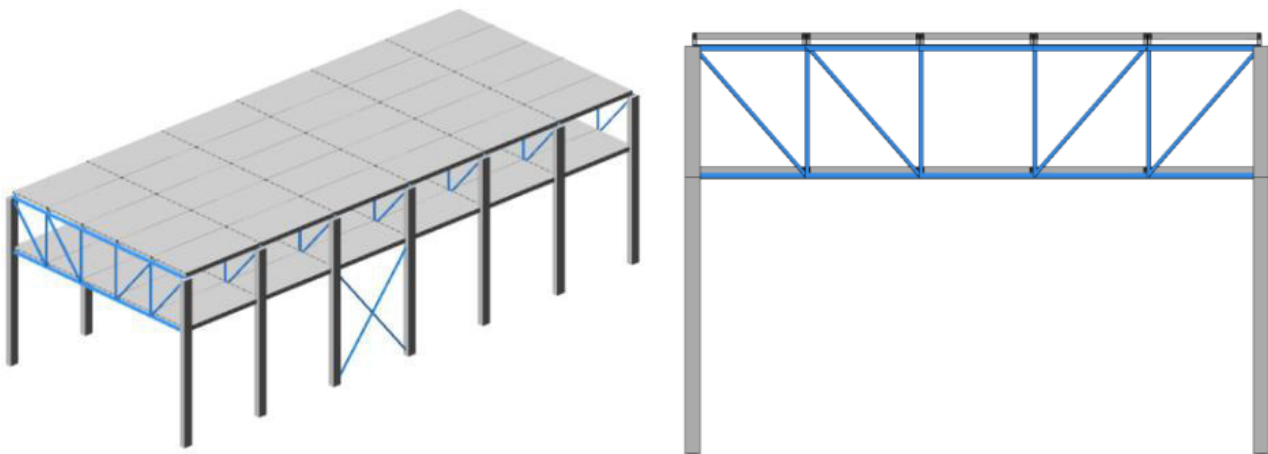


Рисунок 2 – Фрагмент пространственной модели одноэтажного производственного здания с эксплуатируемыми площадями в межферменном пространстве

Для объемно-планировочных решений были определены следующие унифицированные параметры:

- пролет пространственных несущих конструкций – 12, 15 и 18 м;
- шаг пространственных несущих конструкций (ферм) – 6 и 12 м;
- размер в осях между стойками прохода – 3,0 м;
- высота помещений от пола до потолка – 3,0 м.

Предложены и разработаны варианты основных объемно-планировочных решений зданий из рамно-ферменных блоков, а также определены их унифицированные параметры для следующих типов зданий:

- торговые и многофункциональные комплексы;
- здания организации образования и подготовки кадров;
- культурно-просветительского назначения (музеи, выставки и др.);
- здания для временного и постоянного пребывания;
- физкультурно-оздоровительные комплексы;
- одноэтажные производственные здания с эксплуатируемыми площадями в межферменном пространстве.

Третья глава посвящена исследованию конструктивных решений многоэтажных и одноэтажных зданий с перекрытием из сборных железобетонных плит.

Поиск эффективного конструктивного решения данного типа зданий связан с выбором рациональной конструкции узлов сопряжения сборного перекрытия и стальной фермы для часто используемых и рассматриваемых пролетов 12, 15 и 18 м.

В многоэтажных зданиях из рамно-ферменных блоков нижний пояс ферм будет воспринимать нагрузку аналогично верхнему, поэтому целесообразно применять фермы с параллельными поясами.

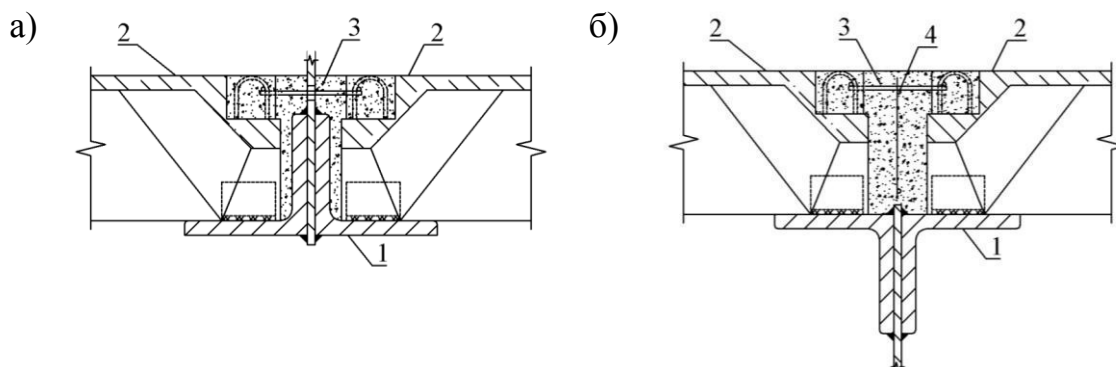
В одноэтажных зданиях и покрытиях многоэтажных зданий могут быть применены фермы с трапецидальным очертанием поясов.

Для рассматриваемых ферм общий габарит по высоте составит 3,6 м. Для ферм с параллельными поясами оптимальная высота фермы, из условия металлоемкости, составляет $1/4$ – $1/5$ пролета. Наиболее близко этим условиям отвечают фермы пролетами 15 и 18 м, фермы пролетами 12 м – будут менее экономичными.

При выборе типа ферм для опирания сборных железобетонных **ребристых** плит на верхний и нижний пояса необходимо учитывать, что глубина опирания должна быть не менее ширины опорной части продольного ребра плиты. Данному требованию отвечает тип ферм из парных уголков, особенностью которого является передача нагрузки в узлах ферм, а также наличие узловых фасонки.

В ребристых плитах устанавливаются закладные детали для приварки к поясам. Для соединения плит между собой применяют соединительные хомуты (рисунок 3), которые пропускают через отверстия в фасонках.

Приведена рекомендуемая номенклатура плит длиной 6 и 12 м по ГОСТ 28042 с толщиной полки 30 (35) мм, которая достаточна для плит покрытий, но для перекрытий целесообразно устройство армированной стяжки толщиной 50 мм.



1 – пояс фермы; 2 – сборная железобетонная плита;
3 – бетон межплитного шва; 4 – армирование межплитного шва
а – нижний пояс; б – верхний пояс

Рисунок 3 – Схема узла сопряжения сборного ребристого перекрытия и поясов ферм

В связи с необходимостью передачи нагрузки в узлах ферм рекомендуемая ширина ребристых плит равна 3 м. Для применения плит шириной 1,5 м потребуется устройство дополнительных стоек в ферме.

Для сборного перекрытия из **многopустотных** плит целесообразно выбрать ферму с поясами из двутавров и решеткой из прямоугольных гнутосварных профилей. Для опирания многopустотных плит в поясах фермы наиболее подходят несимметричные двутавры.

Ширина нижней полки несимметричного двутавра зависит от необходимости обеспечения глубины опирания многopустотных плит. После монтажа плит пространство между стенкой двутавра и торцами плит должно быть тщательно замоноличено для обеспечения совместной работы (рисунок 4).



1 – многopустотная плита; 2 – несимметричный двутавр; 3 – колонна

Рисунок 4 – Схема опирания многopустотных плит на нижнюю полку несимметричного двутавра

Плиты должны иметь дополнительные закладные изделия, выпуски арматуры, местные вырезы, отверстия и другие конструктивные детали для использования в рассматриваемом конструктивном решении. Приведена рекомендуемая номенклатура плит по ГОСТ 32499.

С учетом того, что тип ферм, применяемый в перекрытиях из многopустотных плит, во многом совпадает с фермами для конструкций

монолитного перекрытия, которые рассмотрены в главе 4, дальнейшая проработка в сборном варианте выполнена для перекрытия из **ребристых** плит.

Проведенные ранее теоретические и экспериментальные исследования показывают, что узловые сопряжения практически всех сборных железобетонных конструкций являются податливыми, а общая жесткость сборного перекрытия меньше чем у монолитного.

По результатам проведенного анализа экспериментальных данных установлено, что податливость узловых сопряжений сборного перекрытия из ребристых плит характеризуется коэффициентами жесткости и может учитываться введением в расчетную схему следующих связей между конструктивными элементами:

- сопряжение продольных ребер плит с поясами ферм с помощью закладных деталей и связевой арматурой, соединяющей монтажные петли;
- сопряжение продольных ребер соседних плит;
- растворные швы между торцами плит и поясами ферм.

Сопряжение продольных ребер с поясами ферм

В перекрытиях из ребристых плит при воздействии горизонтальной нагрузки на перекрытие опорное соединение воспринимает сдвигающее усилие, изгиб и кручение в своей плоскости. Суммарные линейные перемещения в сопряжении в общем случае определяется сложением деформаций закладных деталей ригеля (Δ_{xr}) и ребра (Δ_{xp}) плиты

$$\Delta_{xz} = \Delta_{xr} + \Delta_{xp}. \quad (1)$$

Результаты расчетов, выполненные Трекиным Н.Н., показывают, что деформации ригеля ребра (Δ_{xp}) достаточно малы и составляют не более 0,04 мм.

Результаты исследований Васильева А.П., Катина Н.И. и Шитикова Б.А. показали, что на податливость закладных деталей влияют многие факторы: конструкция деталей; расположение и направление анкерных стержней и их количество; деформативные характеристики бетона; величина и направление действующих нагрузок. Полученные значения податливости закладных деталей находились в пределах от $(1 \div 12) \times 10^4$ кН/м.

Точное значение податливости такой закладной детали может быть установлено экспериментально.

Несколько в запас предложено определять значения перемещения закладных деталей как для закладной детали с нормальными анкерами. Формула для определения перемещения (Δ_{xr}) в направлении сдвигающей и отрывающей сил:

$$\Delta_{xr} = \varphi_{cc} \left(1000 \frac{Q_{an}^2}{d^3 E_b^2} + \frac{Q_{an}}{d E_b} \right) \left(1 + 0,8 \sqrt{\frac{N}{Q_{an}}} \right), \quad (2)$$

где N – опорная реакция в ребре плиты в зоне опирания на пояс фермы;

Q_{an} – сдвигающее усилие на один анкерный стержень;

φ_{cc} – коэффициент, учитывающий длительность загрузки: для кратковременной нагрузки равен 1,0; для длительной нагрузки – 2,0;

d – диаметр анкерных стержней;

E_b – модуль деформации бетона плиты.

Принимая значение $Q_{an} = 1$ получим выражение для оценки жесткости закладной детали при сдвиге.

При замоноличенных швах жесткость сопряжения ребра плиты с поясом фермы при сжимающих бетонных швах напряжениях определяется по формуле

$$B_{zx}^b = \frac{E_b \cdot A_{b,red}}{a_b} + B_{zx}, \quad (3)$$

где E_b , $A_{b,red}$ и a_b – модуль упругости бетона, площадь и толщина шва замоноличивания соответственно.

$$B_{zx} = \frac{N_x}{\Delta_{xzi}}, \quad \text{– жесткость элемента связи при растяжении};$$

N_x – горизонтальное усилие на соединение вдоль оси X.

Коэффициент угловой жесткости для продольных ребер с частичным защемлением, по данным исследований Котляра Н. Л. и Соловьёва-Холмогорова Б.В., предложено принять $C_\varphi = 9400 \text{ кН}\times\text{м}$.

Сопряжение продольных ребер соседних плит

Межплитный шов не имеет изгибной жесткости и работает как цилиндрический шарнир. Это обусловлено тем, что шов не воспринимает растягивающие усилия и в нем не возникает пара сил, которая передает момент. В свою очередь сжимающая сила, действующая в уровне сжатой грани полки плиты, создает внецентренное сжатие.

Жесткость межплитного шва на сдвиг C_{sh} рекомендуется принимать равной соответствующему усилию Q_{jt} , вызывающему единичные перемещения d определяемому по формуле

$$C_{sh} = Q_{jt} / d. \quad (4)$$

Для участка шва, толщиной t_{jt} , высотой h_{jt} и длиной вдоль оси плиты l_{jt} :

$$d = Q_{jt} \cdot v \cdot t_{jt} / (G_{jt} \cdot l_{jt} \cdot h_{jt}) \quad (5)$$

где $v=1,2$ – коэффициент, учитывающий неравномерность касательных напряжений по площади поперечного сечения элемента;

G_{jt} – модуль сдвига бетона шва равный $0,4E_b$.

Тогда жесткость жесткость межплитного шва на сдвиг находится из формулы

$$C_{sh} = G_{jt} \cdot l_{jt} \cdot h_{jt} / (v \cdot t_{jt}). \quad (6)$$

Растворные швы между торцами плит и поясами ферм

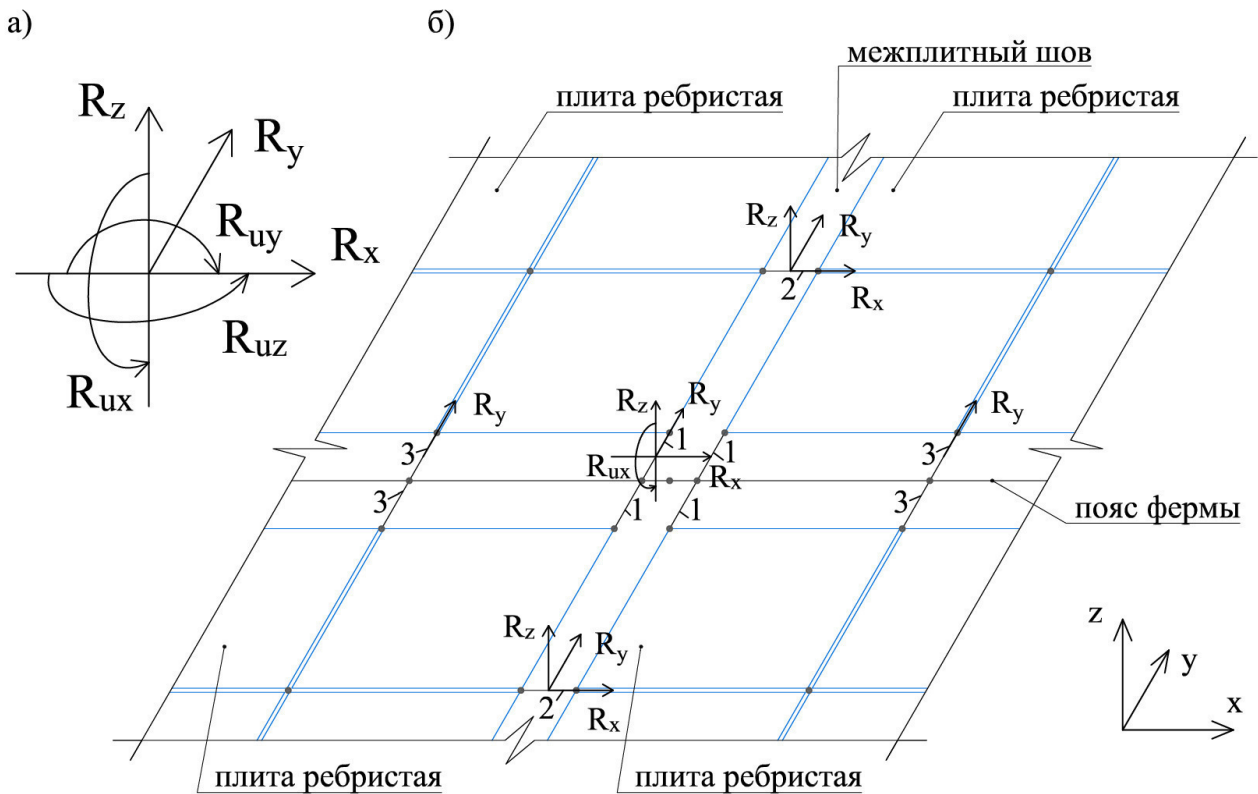
Жесткость бетонного шва при сжимающих напряжениях определяется по формуле:

$$B_{zx} = \frac{E_b \cdot A_{b,red}}{a_b}, \quad (7)$$

где E_b , $A_{b,red}$ и a_b – модуль упругости бетона, площадь и толщина шва замоноличивания соответственно.

Предлагаемая расчетная модель сборного перекрытия из ребристых плит

Моделирование рассмотренных выше связей в сборном перекрытии из ребристых плит предполагается путем введения в расчетную схему специальных конечных элементов 55-го типа (КЭ-55), показанных на рисунке 5.



1 – связи, моделирующие сопряжение продольных ребер плит с поясами ферм;
 2 – связи, моделирующие сопряжение между продольными ребрами плит;
 3 – связи, моделирующие растворные швы между торцами плит и поясами ферм
 а – общая схема связей в КЭ 55; б – фрагмент расчетной модели
 Рисунок 5 – Схема расположения заданных связей в КЭ 55

Данный конечный элемент, в каждом узле которого присутствует по шесть степеней свободы, позволяет смоделировать как линейную, так и угловую податливость связи относительно осей X , Y , Z глобальной системы координат.

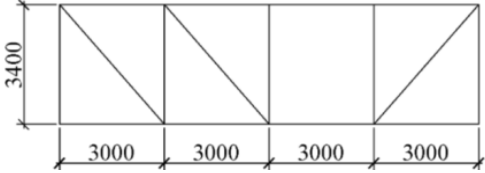
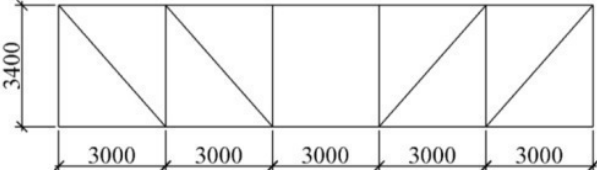
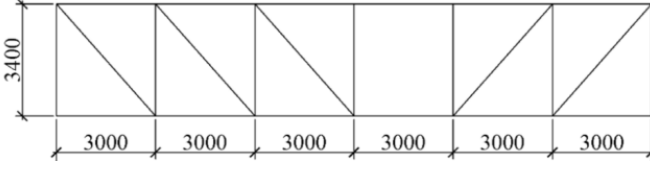
В составе работы проведен сравнительный анализ шарнирного, податливого и жесткого способов опирания ребристых плит на пояса фермы. Установлено, что наибольшее влияние выявлено в продольных усилиях поясов фермы, разница которых доходит до 40%. Учет межплитных швов в пространственной работе каркаса позволяет более достоверно оценивать усилия в элементах фермы.

Проведен дополнительный анализ необходимости учета межплитных швов в пространственной работе каркаса на действие горизонтальной нагрузки, на примере действия ветра. Выявлено, что наибольшее влияние на работу каркаса оказывают продольные межплитные швы, учет которых позволяет уменьшить расчетные горизонтальные перемещения блока в плоскости фермы на 16% для многоэтажных и 14% для одноэтажных зданий, а также вертикальные перемещения плит на 11% и 9% соответственно по сравнению с шарнирным опиранием.

В фермах с параллельными поясами целесообразно применять треугольную систему решетки, которая имеет наименьшую суммарную длину элементов и наименьшее число узлов. Растяжение в элементах решетки рекомендуется воспринимать наиболее длинными элементами, а сжатие наиболее короткими, поэтому конструкция фермы принята с нисходящим опорным раскосом.

Для поиска наиболее рационального конструктивного решения стальных ферм были рассмотрены различные типы решеток ферм, которые в узлах опирания плит перекрытия шириной 3 м имеют стойки в нижнем и верхнем поясах. Для ферм пролетами 12, 15 и 18 м, предназначенных для опирания плит длиной 6 и 12 м, по результатам сравнения определены рекомендуемые варианты решетки с учетом требований унификации, металлоемкости и трудоемкости изготовления (таблица 1).

Таблица 1 – Рекомендуемые варианты конструкций ферм пролетами 12, 15 и 18 м для опирания сборного перекрытия

Пролет фермы, м	Геометрия фермы в осях
12	
15	
18	

При проектировании ряда зданий и сооружений необходимо предусмотреть **защиту строительных объектов от прогрессирующего обрушения.**

В СП 385.1325800.2018 даны рекомендации по проектированию защиты от прогрессирующего обрушения. Для многоэтажных зданий предусмотрена установка дополнительных аутригерных конструкций, диафрагм, поясов жесткости и другие решения.

В одноэтажных производственных зданиях рассматривают разрушение или удаление несущей конструкции на участке двух смежных шагов в однопролетных зданиях и смежных пролетах многопролетных зданий. Отдельного решения требует вопрос защиты от прогрессирующего обрушения при удалении угловой колонны, так как подстропильные конструкции, с помощью которых можно запроектировать защиту от обрушения, не в состоянии удержать угловые стропильные конструкции, а вертикальные связи у торцов препятствуют температурным деформациям.

В рамках работы разработано и исследовано предложение по установке подкосов для угловых колонн в торцах здания с обеспечением восприятия температурных деформаций. Опирание подкоса осуществляется на фундаментный стакан с увеличенной толщиной стенки. Особенностью применения данной конструкции является наличие опорного стола и металлических упоров.

Перемещение подкоса после удаления торцевой колонны осуществляется до упора по прокладке из фторопласта. Установлено, что увеличение угла наклона подкоса благоприятно влияет на его напряженно-деформированное состояние. Данное техническое решение может быть рекомендовано к применению при новом строительстве и реконструкции.

Глава 4 посвящена конструктивным решениям зданий с монолитным перекрытием. Возможно применение монолитного перекрытия двух типов: в инвентарной опалубке и с несъемной опалубкой по профилированному настилу.

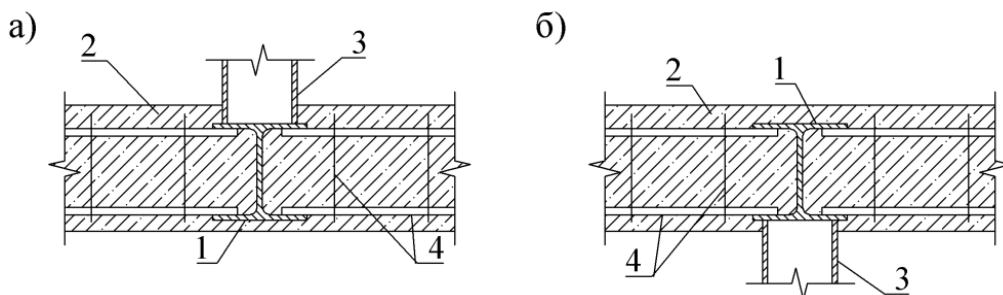
При выборе типа ферм для опирания монолитного перекрытия на верхний и нижний пояс учитывалось, что минимальная глубина опирания профилированного настила должна быть не менее 75 мм и нагрузка на пояс принимается равномерно-распределенной.

Этим требованиям отвечает тип ферм с поясами из широкополочных двутавров и решеткой из прямоугольных замкнутых гнутосварных профилей, в котором приварка стоек и раскосов из гнутосварного профиля выполняется бесфасоночным способом непосредственно к полкам двутавра.

Конструкция узла сопряжения монолитного перекрытия в инвентарной опалубке с конструкциями фермы приведена на рисунке 6.

Наиболее эффективная конструкция монолитного перекрытия, с учетом трудоемкости, получается при применении несъемной опалубки из стального профилированного настила.

При таком типе монолитного перекрытия рекомендуется использовать совместную работу монолитной плиты и поясов фермы с помощью анкерных упоров. Анкерные упоры в конструктивном решении приняты П-образными арматурными элементами, которые привариваются к нижней полке двутавра через гофру.



1 – пояс фермы; 2 – бетон монолитной плиты; 3 – стойка фермы;
4 – арматура плиты
а – нижний пояс; б – верхний пояс

Рисунок 6 – Принципиальная схема узла сопряжения монолитного перекрытия в инвентарной опалубке и поясов фермы

На рисунке 7 изображена принципиальная схема узла сопряжения монолитного перекрытия и поясов фермы, в которой высокий профилированный настил укладывают на нижнюю полку двутавра, что позволяет получить конструкцию перекрытия, обладающую высокой несущей способностью.

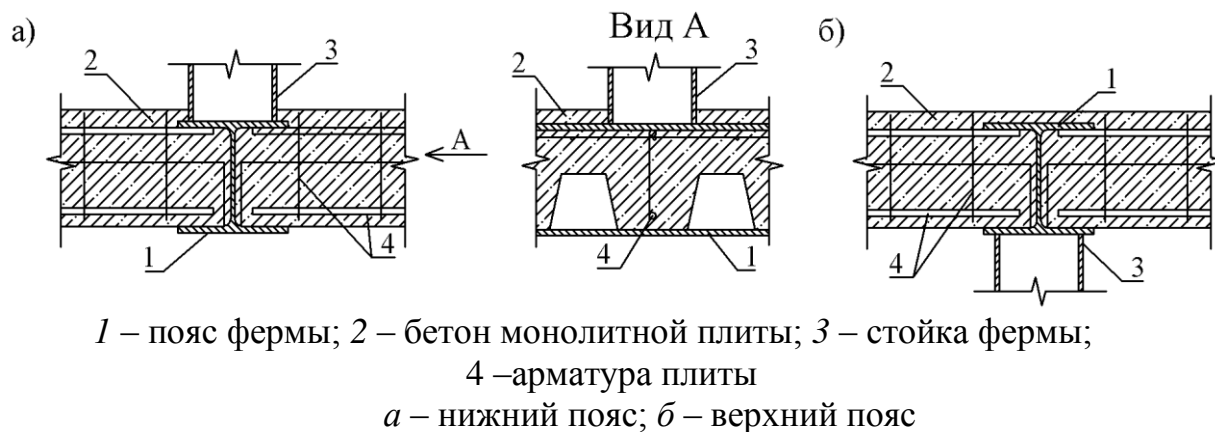


Рисунок 7 – Принципиальная схема узла сопряжения монолитного перекрытия по профилированному настилу и поясов фермы

С учетом конструктивных требований по минимальной глубине опирания монолитного перекрытия наиболее подходящим является применение в поясах ферм колонного двутавра 20К1 и выше.

Для углубленной проработки был принят вариант монолитного перекрытия **по профилированному настилу**.

Для определения фактической величины податливости опорного участка принятой конструкции монолитного перекрытия (рисунок 7) необходимо было провести численный эксперимент (глава 5), заключающийся в моделировании, расчете и анализе фрагмента здания из объемных конечных элементов. Расчеты модели из объемных конечных элементов необходимы для подбора жесткости специальных конечных элементов КЭ 55, моделирующих податливость узловых сопряжений, рядовой схемы (из плоских конечных элементов) и разработки методики расчета монолитного перекрытия для зданий с различными параметрами.

Для нахождения экономичной конструкции ферм пролетами 12, 15 и 18 м было выполнено сравнение различных типов решетки. По результатам сравнения определены рекомендуемые варианты решетки с учетом требований унификации, металлоемкости и трудоемкости изготовления (таблица 2).

Для блока здания, состоящего из фермы, двух перекрытий и двух колонн-стоек, были определены показатели расхода бетона и стали на 1 м^2 перекрытия и их себестоимости. По результатам сравнения экономической эффективности установлено, что наиболее экономичным вариантом является сборное перекрытие с ребристыми плитами пролетом 12 м – себестоимость такого варианта ниже относительно перекрытия из ребристых плит пролетом 6 м меньше на 4-5%, относительно монолитного перекрытия на 13-14%.

Выявление наиболее экономичного типа перекрытия в каждом конкретном случае производится на основе проведения технико-экономических расчетов с учетом данных рекомендаций по типам ферм, и принимаются во внимание множество факторов, таких как расположение заводов ЖБИ, возможности подрядной организации, установленные сроки строительства и др.

Таблица 2 – Рекомендуемые варианты схем ферм пролетами 12, 15 и 18 м для опирания монолитного перекрытия

Пролет фермы, м	Геометрия фермы в осях
12	
15	
18	

В главе 5 выполнено численное исследование работы пространственного блока с использованием объемных конечных элементов и разработка методики расчета для зданий с различными параметрами.

В расчетных схемах монолитного перекрытия все узлы и опоры, способные воспринимать часть изгибающих моментов, являются податливыми.

В качестве жесткостной характеристики упругоподатливого соединения принят коэффициент жесткости. Большое число разнородных и трудно учитываемых факторов, обуславливающих податливость узловых сопряжений, усложняют теоретический подход к определению коэффициентов жесткости.

Цель численного эксперимента:

- определение фактической податливости сопряжения принятой конструкции монолитного перекрытия по профилированному настилу и поясов фермы;
- разработка методики расчета пространственного блока с учетом податливости сопряжения конструкции монолитного перекрытия с поясами ферм для зданий с различными параметрами.

Для учета податливости опирания монолитного перекрытия на пояса ферм в расчет вводятся коэффициенты жесткости сдвига C_{sh} , растяжения - сжатия C_x , C_y , C_z и поворота C_φ , которые характеризуют податливость опорной зоны плиты перекрытия.

Для определения коэффициентов жесткости был проведен численный эксперимент, в котором была создана расчетная модель из объемных конечных элементов (рисунок 8), повторяющая с достаточной точностью принятое конструктивное решение опирания монолитного перекрытия по профилированному настилу на пояса фермы.

В объемной расчетной модели конструктивные элементы были представлены следующим образом:

- металлические фермы – пластинчатыми элементами (рисунок 9);
- монолитные перекрытия – объемными конечными элементами;

- профилированный настил – пластинчатыми элементами.

Условная неразрезность монолитного перекрытия обеспечивается надпорной арматурой и анкерными П-образными стержнями, опирающимися на нижнюю полку пояса (рисунок 10).

Участок опирания монолитной плиты перекрытия на ферму имеет более мелкую разбивку.

Пространственная модель для численного эксперимента имела два пролета. В реальных зданиях количество ферм определяется длиной температурного блока, поэтому в численном эксперименте на основании проведенного опытного расчета для элементов колонн и ферм одной из торцевых рам был введен коэффициент к модулю деформации численно равный количеству заменяемых рам здания.

Расчет пространственного блока из объемных конечных элементов выполнялся на семь расчетных сочетаний нагрузок (РСН). Схема расположения усилий в объемном КЭ представлена на рисунке 11.

На основании проведенного анализа были получены усредненные жесткости связей для КЭ 55, приведенные в таблице 3.

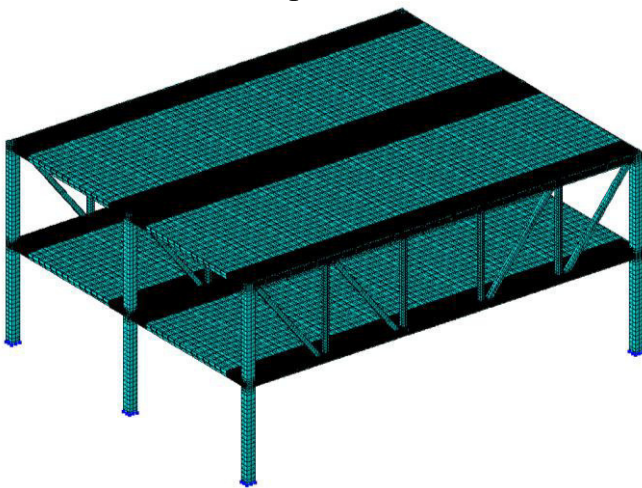


Рисунок 8 – Пространственная модель из объемных конечных элементов

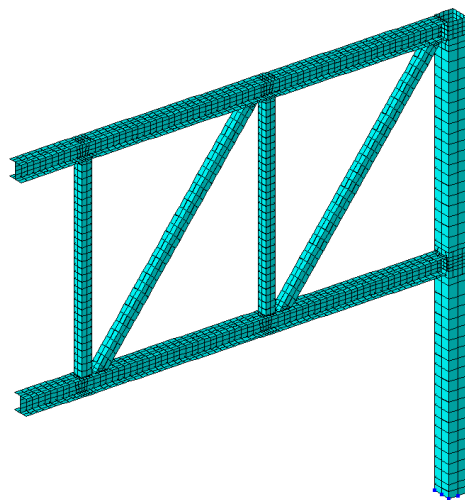


Рисунок 9 – Фрагмент конструкции фермы

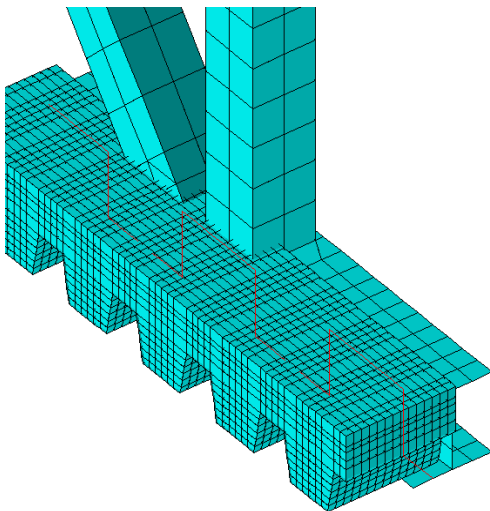


Рисунок 10 – Фрагмент опирания плиты перекрытия на пояс фермы

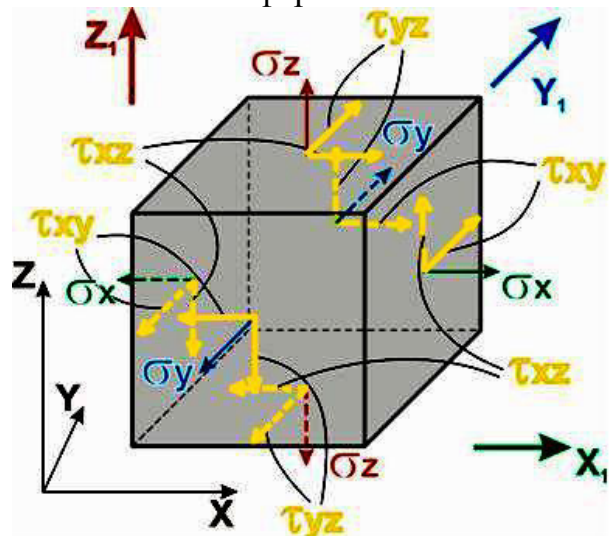


Рисунок 11 – Схема расположения усилий в объемном КЭ

Таблица 3 – Усредненные значения жесткости связей

Тип жесткости	Крайняя ферма		Средняя ферма	
	Верхний пояс	Нижний пояс	Верхний пояс	Нижний пояс
R_x , кН/м	155 000	970 000	90 000	
R_y , кН/м	10 000	50 000	44 000	580 000 / 75000
R_z , кН/м	18 000	21 500	34 000	75 000 / 35 000
R_{yx} , кН×м	18	118	550	
R_{yy} , кН×м	1000000		1000000	
R_{yz} , кН×м	125	830 / 210	1335	3300

Примечание – Значения жесткости, приведенные через дробь, соответствуют значениям жесткости при РСН 1 и 5.

Полученные усредненные коэффициенты жесткости были введены в расчетную схему из плоских конечных элементов, в которой для КЭ 55 заданы жесткости связи R_x , R_y , R_z , а также погонные жесткости связи на поворот R_{yx} , R_{yy} , R_{yz} . В рассматриваемой расчетной схеме сопряжение монолитного перекрытия с фермами является податливым.

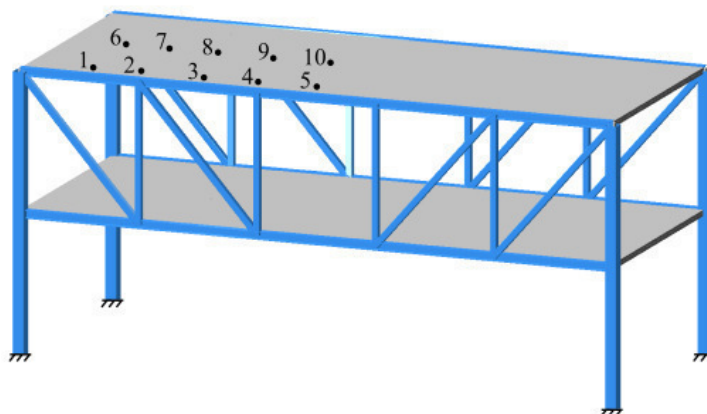
Для сравнения усилий были рассмотрены три расчетные схемы – с шарнирным, податливым и жестким сопряжением. В каждой схеме были выбраны 5 участков на опоре (№1-№5) и 5 участков в середине пролета (№6-№10), которые изображены на рисунке 12. Результаты сравнения приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Сравнение усилий для верхнего перекрытия

Номер участка	Значение напряжений M_y , (кН*м)/м, в зависимости от типа сопряжения монолитного перекрытия с фермами:			Разница значений напряжений шарнирного и податливого сопряжения $(a-b)/(a-c)$, %
	шарнирное (a)	податливое (b)	жесткое (c)	
1	5.59	-1.44	-24.09	23.7
2	6.38	-1.89	-32.36	21.3
3	5.38	-1.51	-21.90	25.3
4	6.62	-2.44	-36.62	21.0
5	5.44	-1.47	-23.49	23.9
6	52.59	43.89	18.54	25.6
7	51.47	42.95	18.30	25.7
8	51.25	42.94	18.46	25.3
9	51.76	43.51	19.14	25.3
10	51.71	43.49	18.98	25.1

Таблица 5 – Сравнение усилий для нижнего перекрытия

Номер участка	Значение напряжений M_u , (кН*м)/м, в зависимости от типа сопряжения монолитного перекрытия с фермами:			Разница значений напряжений шарнирного и податливого сопряжения $(a-b)/(a-c)$, %
	шарнирное (a)	податливое (b)	жесткое (c)	
1	5.56	-1.64	-25.67	23.1
2	6.55	-1.93	-35.71	20.1
3	5.35	-1.4	-21.66	25.0
4	6.5	-2.47	-34.36	22.0
5	5.38	-1.34	-22	24.5
6	53.98	44.28	18.47	27.3
7	52.00	43.35	18.54	25.9
8	51.22	42.85	18.4	25.5
9	51.22	43.04	18.87	25.3
10	51.07	42.95	18.74	25.1



1-10 – номера участков

Рисунок 12 – Схема расположения участков монолитного перекрытия, для которых были определены значения напряжений M_u

По результатам анализа усилий в перекрытиях можно сделать следующие выводы:

1. На основании проведенного анализа были получены усредненные значения жесткости узлового сопряжения монолитного перекрытия по профилированному настилу и поясов фермы для конечных элементов КЭ 55, моделирующих податливость, рядовой схемы (из плоских конечных элементов).

2. В связи с низкими значениями жесткости связи R_{ux} для монолитного перекрытия, опирающегося на крайние фермы, допускается принимать данное узловое сопряжение шарнирным.

3. Учет податливости перекрытия, опирающегося на средние фермы, для рассматриваемого конструктивного решения приводит к уменьшению пролетных и увеличению опорных изгибающих моментов перекрытия до 25% по сравнению с шарнирным опиранием перекрытия.

На основании проведенного численного эксперимента, а также анализа его результатов была подготовлена **методика расчета**, основные положения которой приведены ниже.

1. При жестком сопряжении монолитного перекрытия с поясами фермы, пространственная жесткость обеспечивается поперечными рамами и неразрезным перекрытием. Жесткое соединение перекрытия с поясами обеспечивается следующими конструктивными мероприятиями: пропуск арматуры сквозь пояс фермы; применение профилированного настила типа Н60, Н75; увеличение высоты монолитной плиты в опорном сечении над полкой пояса фермы; приваркой к стенке пояса специальных анкерных устройств; применение в поясах ферм балок с отверстиями в стенках и др.

2. Для рассматриваемого конструктивного решения монолитного перекрытия по профилированному настилу, включенному в работу перекрытия (рисунок 2), в таблице 3 приведены рекомендуемые значения жесткостных характеристик для КЭ 55. Учет податливости перекрытия, опирающегося на средние фермы, приводит к уменьшению пролетных и увеличению опорных изгибающих моментов в плоскости перекрытия до 25% относительно шарнирного опирания перекрытия.

3. При использовании других конструктивных решений перекрытия и ферм, их узловых сопряжений, значений пролетов и нагрузок моделирование перекрытия в расчетной схеме выполняется с помощью конечных элементов КЭ 55, в каждом узле которого задают жесткости связей R_x , R_y , R_z , а также погонные жесткости связи на поворот R_{ux} , R_{uy} , R_{uz} . Для определения фактической податливости опорного участка принятой конструкции монолитного перекрытия необходимо создать модель из объемных конечных элементов, повторяющую с достаточной точностью принятые конструктивные решения, имеющую более мелкую разбивку на конечные элементы в районе сопряжения конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа существующих конструктивных решений зданий, с помощью которых достигается гибкость планировочного пространства, предложены объемно-планировочные и конструктивные решения многоэтажных и одноэтажных зданий из пространственных рамно-ферменных блоков.

Данные решения были внедрены в СП 266.132580.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» и пособие «Проектирование многоярусных гаражей-стоянок на стальном каркасе».

В многоэтажных зданиях из рамно-ферменных блоков основными пространственными несущими конструкциями двух смежных этажей являются металлические фермы с параллельными поясами, в пределах высоты которых (между верхним и нижним поясами ферм) расположены промежуточные этажи, а между фермами по высоте – этажи со свободной планировкой. Нижние и верхние пояса фермы работают совместно с перекрытиями, образуя двухэтажную сталежелезобетонную конструкцию.

В одноэтажных зданиях на пояса ферм опираются конструкции покрытия и перекрытия.

Определены основные унифицированные объемно-планировочные параметры для зданий различного функционального назначения:

- пролет пространственных несущих конструкций – 12, 15 и 18 м;
- шаг пространственных несущих конструкций (ферм) – 6 и 12 м;
- размер в осях между стойками прохода – 3,0 м;
- высота помещений от пола до потолка – 3,0 м.

2. Для пролетов 12, 15 и 18 м выполнен поиск рационального конструктивного решения стальных ферм с параллельными поясами исходя из минимальной металлоемкости, себестоимости и условий унификации, в которых средняя панель фермы свободна от раскосов, что позволяет обеспечить транспортные коммуникации необходимого размера для зданий различного функционального назначения.

Определены рациональные сопряжения с поясами ферм конструкции перекрытия из сборных ребристых плит длиной 6 и 12 м и монолитного перекрытия по профилированному настилу и в инвентарной опалубке.

Для блока здания, состоящего из фермы, двух перекрытий и двух колонн-стоек, были определены показатели расхода бетона и стали на 1 м^2 перекрытия и их себестоимости. По результатам сравнения установлено, что наиболее экономичным вариантом является сборное перекрытие с ребристыми плитами пролетом 12 м – себестоимость такого варианта ниже относительно перекрытия из ребристых плит пролетом 6 м на 4-5%, относительно монолитного перекрытия на 13-14%.

3. Предложены конструктивные решения многоэтажных и одноэтажных зданий с перекрытием из сборных железобетонных плит. Рассмотрены перекрытия из сборных многопустотных и ребристых плит, приведена номенклатура плит, в том числе 12-ти метровых.

Для сборного перекрытия из ребристых плит выполнен анализ экспериментов и даны рекомендации по учету податливости сопряжений неразрезного перекрытия, а также по моделированию следующих элементов:

- сопряжения продольных ребер плит с поясами ферм с помощью закладных деталей и связевой арматурой, соединяющей плиты соседних пролетов;
- растворных швов между продольными ребрами плит;
- растворных швов между торцами плит и поясами ферм.

Установлено, что учет работы перекрытия по сравнению с шарнирным сопряжением позволяет уменьшить горизонтальные расчетные перемещения блока в плоскости фермы на 16% для многоэтажных и 14% для одноэтажных зданий, а также вертикальные перемещения плит на 11% и 9% соответственно.

4. Исследованы и предложены конструктивные решения многоэтажных зданий с монолитным перекрытием. Рассмотрены перекрытия по профилированному настилу и в инвентарной опалубке.

Выполнен численный эксперимент, целью которого являлось:

- определение фактической податливости сопряжения принятой конструкции монолитного перекрытия по профилированному настилу и поясов фермы (рисунок 6);
- разработка методики расчета пространственного блока с учетом податливости сопряжений монолитного перекрытия с поясами ферм для зданий с различными параметрами.

Получены значения жесткости конечных элементов рядовой схемы (из плоских конечных элементов). Учет податливости перекрытия, опирающегося на средние фермы, для рассматриваемого конструктивного решения по сравнению с шарнирным опиранием перекрытия приводит к уменьшению пролетных и увеличению опорных изгибающих моментов в перекрытии до 25%.

Разработана методика расчета для монолитного перекрытия, которая позволяет для конкретного конструктивного решения определить податливость опирания монолитной плиты перекрытия на пояса ферм.

5. Исследован вопрос защиты от прогрессирующего обрушения одноэтажного производственного здания, в том числе при удалении угловой колонны. В работе предложено и исследовано техническое решение с устройством подкосов со скользящей опорой, которое внедрено в «Пособие по проектированию мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статья, опубликованная в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus:

1. Granev, V. V. Buildings with Open Plan Floors and Integrated Load-Bearing Structures / V. V. Granev, N. G. Kelasiev, E. N. Kodysh, N. N. Trekin, I. A. Terekhov // American Concrete Institute. SP-326: Durability and Sustainability of Concrete Structures (DSCS-2018). — 2018. — pp. 99.1-99.8.

Публикации в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

2. Кодыш, Э. Н. Совершенствование объемно-планировочных и конструктивных решений большепролетных многоэтажных зданий на примере гаражей-стоянок со стальным каркасом / Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин, И. А. Терехов, Д. С. Еремеев, А. А. Сосков // Academia. Архитектура и строительство. — 2017. — №3. — С. 103-107.

3. Кодыш, Э. Н. Одноэтажные производственные здания с эксплуатируемыми площадями в межферменном пространстве / Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин, И. А. Терехов // Промышленное и гражданское строительство. — 2018. — №6. — С. 28-31.

4. Терехов, И. А. Здания с несущими пространственными конструкциями / И. А. Терехов // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2019. — № 3 (1015). — С. 45-47.

Публикации в других научных журналах и изданиях:

5. Проектирование многоярусных гаражей-стоянок на стальном каркасе: пособие АРСС / Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин, Н. Г. Келасьев, И. А. Терехов, А. А. Сосков. — Москва: АКЦИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2017. — С. 134-135.

6. Станкевич, Ю. С. Конструктивные решения на основе сталежелезобетонных конструкций для многоэтажных зданий с гибкой конструктивной системой [Электронный ресурс] / Ю. С. Станкевич, Э. Н. Кодыш, Н. Н. Трекин, И. А. Терехов // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института

строительства и архитектуры (13–17 марта 2017 г.). — 2017. — С. 713-715. Режим доступа: http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2017/Days_ISA_pt2.pdf (дата обращения: 09.08.2018).

7. Терехов, И. А. Объемно-планировочные и конструктивные решения многоэтажных зданий со свободной планировкой этажей различного функционального назначения с монолитным железобетонным перекрытием // И. А. Терехов, Ю. С. Станкевич // «Инновации в строительстве-2017»: материалы международной научно-практической конференции (Брянск, 20-22 ноября 2017 г. Т.1) — 2017. — С 303-311.

8. Станкевич, Ю. С. Многоэтажные здания со свободной планировкой этажей различного функционального назначения с монолитным железобетонным перекрытием по профилированному настилу [Электронный ресурс] / Ю. С. Станкевич, Н. Н. Трекин, И. А. Терехов // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (г. Москва, 12–16 марта 2018 г.) — 2018. — С. 836-838. — Режим доступа: http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2018/DaysISA18_764-961.pdf (дата обращения: 20.09.2018).

9. Павлов, А. Ф. Напряженно-деформированное состояние многоэтажного железобетонного рамно-ферменного блока с перекрытиями из сборных плит [Электронный ресурс] / А. Ф. Павлов, Н. Н. Трекин, И. А. Терехов // Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (г. Москва, 12–16 марта 2018 г.) — 2018. — С. 157-159. — Режим доступа: http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2018/DaysISA18_4-289.pdf (дата обращения: 20.09.2018).

10. Терехов, И. А. Анализ объемно-планировочных и конструктивных решений большепролетных зданий / И. А. Терехов // Образование и наука в России и за рубежом. — 2019. — №3. — С. 401-408. — Режим доступа: <https://www.gyrnal.ru/uploads/arxiv/1cccgmahl6qcdhgk1yajbvfoz2ptrv7w8f.pdf> (дата обращения: 04.03.2019).

Терехов Иван Александрович

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННЫХ
ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ
РЕШЕНИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ И МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
ИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАМНО-ФЕРМЕННЫХ БЛОКОВ**

05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Подписано в печать 27.06.2019

Заказ № 2121

Формат 60×90/16

Усл.печ.л. 1,5

Тираж 80 экз.

127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, РУТ (МИИТ)