

УДК 624.078.416

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ
КОЛОНН И БАЛОК МОНОЛИТНЫХ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ
ЗДАНИЙ**

Артюшин Дмитрий Викторович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент, декан Инженерно-строительного
института.*

Коновалов Павел Владимирович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

аспирант кафедры «Строительные конструкции».

Аннотация

Определено напряженно-деформированное состояние монолитных узлов сопряжения колонн крайнего ряда с балками многоэтажных каркасов зданий. Выявлена качественная картина распределений напряжений в исследуемых образцах.

Ключевые слова: монолитные каркасы зданий, узлы сопряжения колонн с балками, расчетная схема, напряженное состояние.

**MODELING OF THE PHYSICAL WORK OF JOINTS OF COLUMNS AND
BEAMS OF MONOLITHIC FRAMES MULTI-STOREY BUILDINGS**

Artyushin Dmitriy Viktorovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor, Dean of the Civil Engineering Institute.

Konovalov Pavel Vladimirovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

postgraduate student of the department “Building Structures”.

Abstract

The stress-strain state of monolithic junctions of columns of the extreme row with beams of multi-storey building frames is determined. A qualitative pattern of stress distributions in the studied samples is revealed.

Keywords: monolithic frames of buildings, junctions of columns with beams, design scheme, stress state.

Статический расчет монолитных каркасов многоэтажных зданий позволяет определить все виды усилий, действующих в узловых соединениях колонн и балок (ригелей). При совместном действии вертикальных и горизонтальных сил в узлах монолитных каркасов возникает сложный характер напряженного состояния, который можно охарактеризовать как сопротивление при кососимметричном нагружении.

В ходе выполнения научной работы выполнено исследование по оценке напряженно-деформированного состояния в узлах сопряжения колонн и балок многоэтажных каркасов зданий, в рамках которого были рассмотрены три варианта армирования центральной части узлов:

- 1) продольная арматура ригеля и поперечные хомуты (рисунок 1а);
- 2) перпендикулярные и наклонные к оси колонны хомуты $\varnothing 8$ мм из стали класса В500 (рисунок 1б);
- 3) арматурные сетки с наклонными стержнями $\varnothing 6$ В500 с размером ячейки 50×50 мм (рисунок 1в).

Узлы сопряжения колонн с балками, в соответствии с программой исследований [1], имеют \perp – образную форму и выполнены из тяжелого бетона класса В25. Высота исследуемых образцов составляет 1,2 м, соотношение длины ригеля L_p и длины колонны L_k составляет 0,67; соотношение высоты сечения колонны и ригеля составляет 1,0. Колонны и ригели имеют сечение 300×300 мм. Рабочая арматура колонны принята из четырех стержней $\varnothing 20$ мм класса А400, ригеля – $3\varnothing 20$ А400. Анкеровка продольной арматуры ригеля производится ее заведением в тело колонны [2].

Максимальная величина загрузки ригеля составляет – 40 т, при этом нагрузка передается равными ступенями по 8 т. На ствол колонны действует нагрузка 100 т. Опорная часть колонны имеет жесткое закрепление с поверхностью.

Численный эксперимент по исследованию монолитных узлов сопряжения колонн крайних рядов с балками произведен с помощью ПК Ansys. Конструкция узлов с их фактическими размерами и диаметрами арматурных изделий была выполнена в встроенном ПО SpaceClaim. При моделировании узлов в компоненте Static Structural использовались материалы с учетом их нелинейной работы: Concrete NL (бетон) и Structural Steel NL (Арматура).

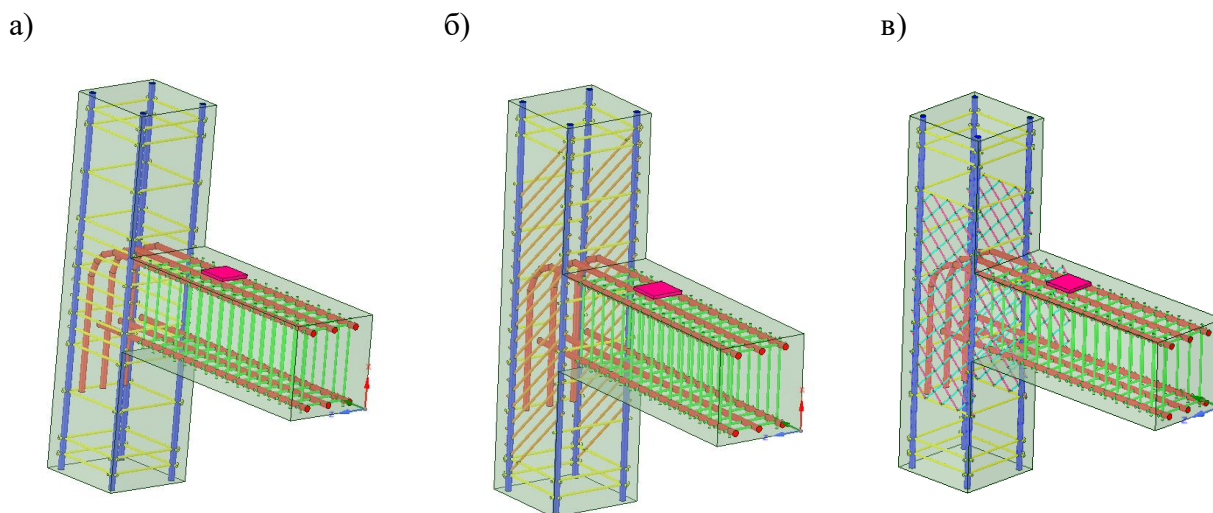


Рисунок – 1 Армирование центральной части узла

а – продольной арматурой и поперечными стержнями, перпендикулярными к оси колонны (Вариант №1); б – продольной арматурой и наклонными поперечными стержнями (Вариант №2); в – продольной арматурой и сетками (Вариант №3)

В результате расчета получены величины вертикальных перемещений, нормальных и касательных напряжений, а также выявлен характер распределения внутренних усилий в узле, рисунки 2-10.

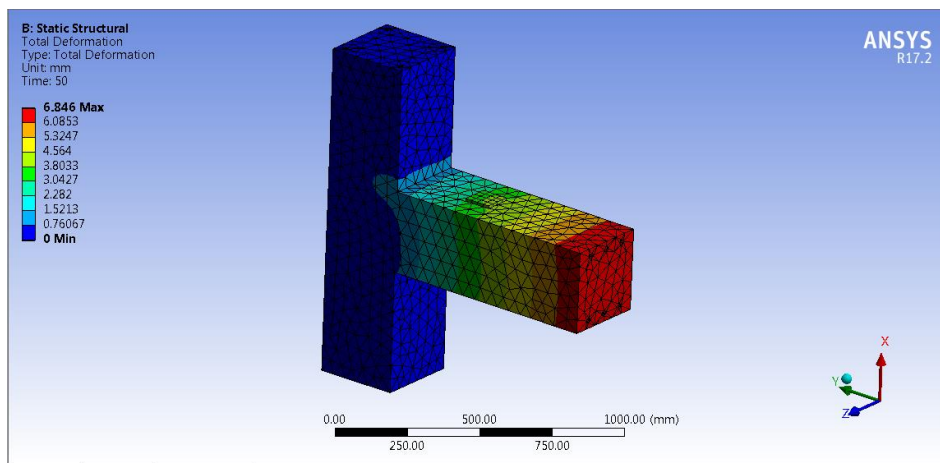


Рисунок 2 – Максимальные прогибы узла сопряжения колон и балок.

Вариант армирования №1

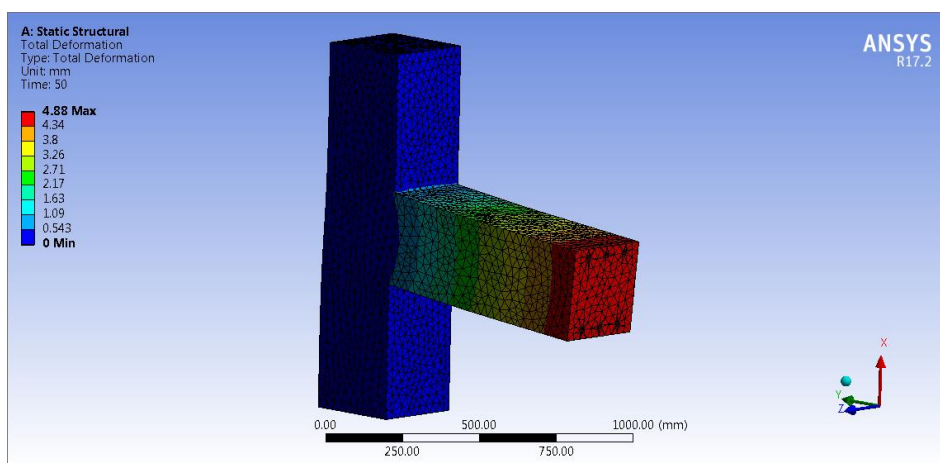


Рисунок 3 – Максимальные прогибы узла сопряжения колон и балок.

Вариант армирования №2

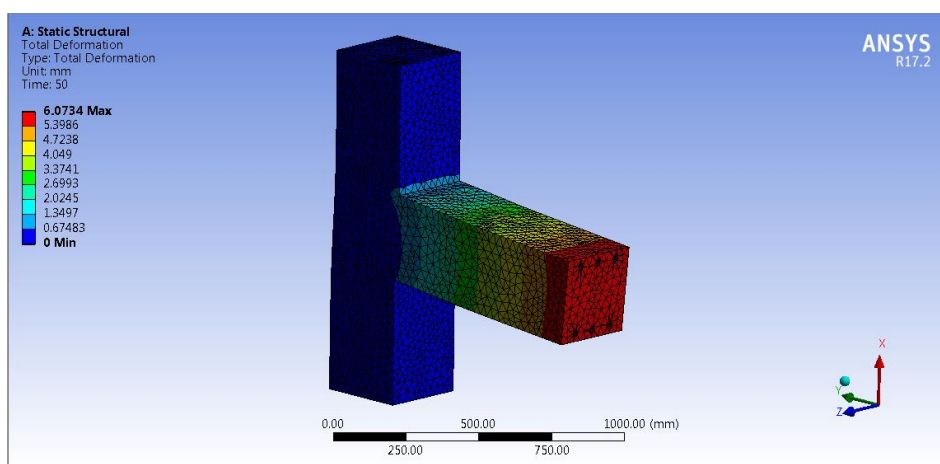


Рисунок 4 – Максимальные прогибы узла сопряжения колон и балок.

Вариант армирования №3

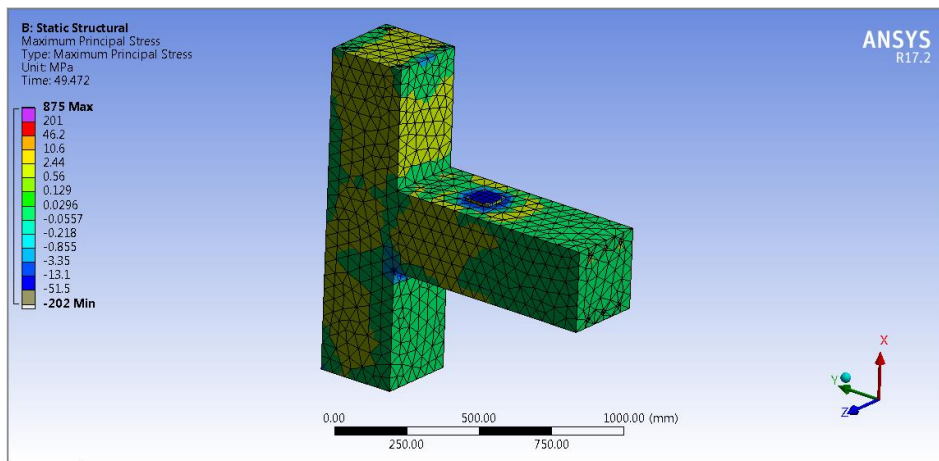


Рисунок 5 – Максимальные нормальные напряжения в узле сопряжения колон и балок. Вариант армирования №1

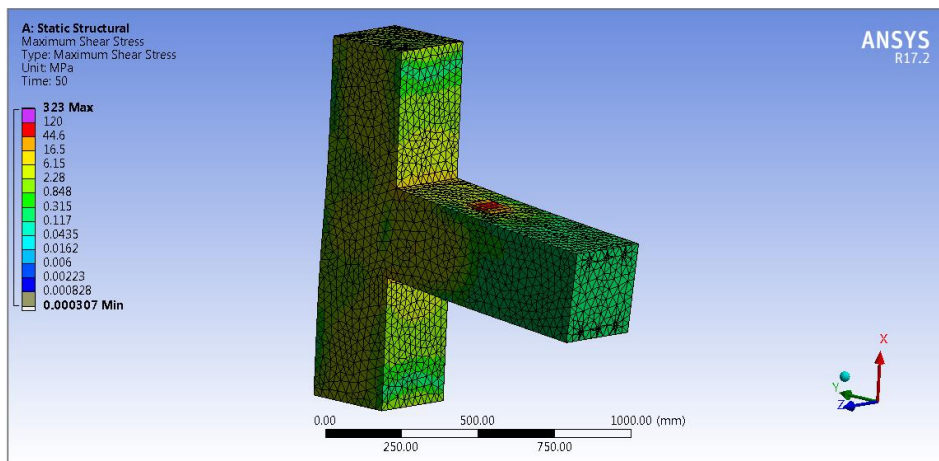


Рисунок 6 – Максимальные нормальные напряжения в узле сопряжения колон и балок. Вариант армирования №2

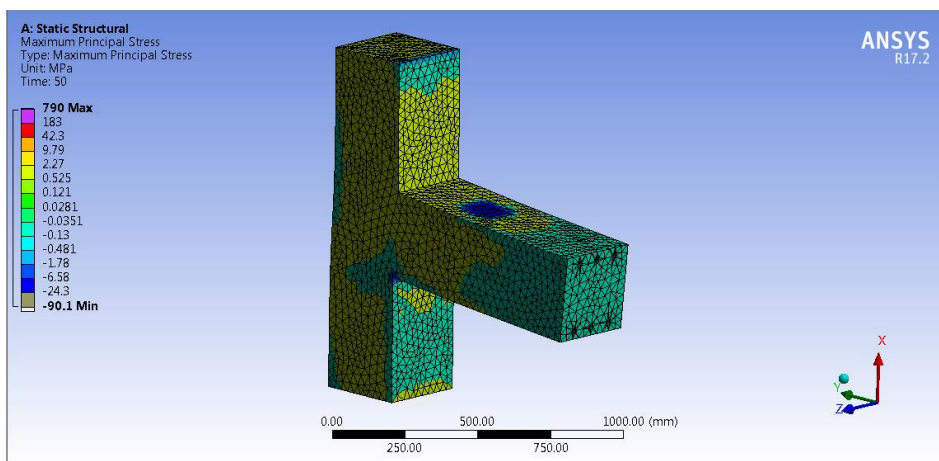


Рисунок 7 – Максимальные нормальные напряжения в узле сопряжения колон и балок. Вариант армирования №3

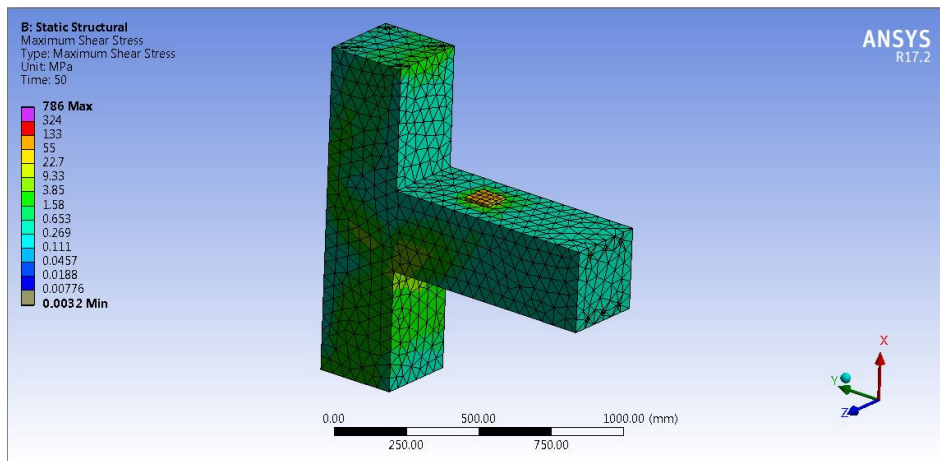


Рисунок 8 – Максимальные касательные напряжения в узле сопряжения колон и балок. Вариант армирования №1

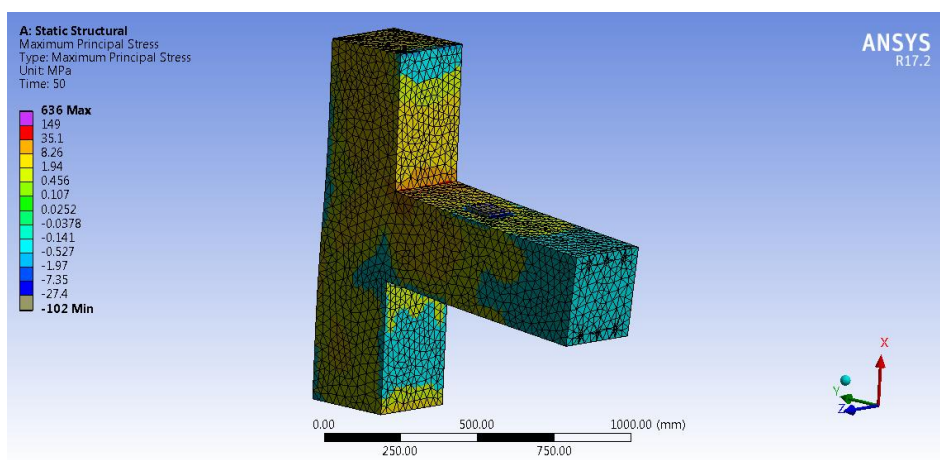


Рисунок 9 – Максимальные касательные напряжения в узле сопряжения колон и балок. Вариант армирования №2

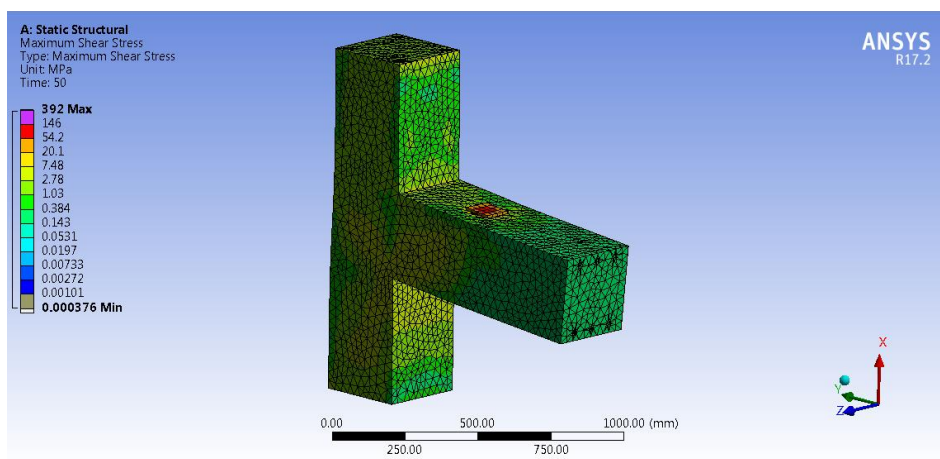


Рисунок 10 – Максимальные касательные напряжения в узле сопряжения колон и балок. Вариант армирования №3

Анализ результатов расчета показал, что центральная часть узла испытывает сложный характер напряженного состояния при действии возникающих внутренних усилий – изгибающих моментов M и поперечных сил Q [3, 4]. Выявлено, что распределение главных напряжений σ , характеризуется наличием в зоне исследуемого узла двух зон – сжатой и растянутой. При этом наибольшая концентрация растягивающих усилий наблюдается в верхней части узлов, а сжимающих – в нижней.

Результаты расчета подтверждаются ранее проведенными исследованиями в ПК Лира 9.6 [5]. Численная оценка напряженно-деформированного состояния исследуемых узлов по результатам расчета в двух программных комплексах приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка напряженно-деформированного состояния узлов сопряжения колонн и ригелей по результатам численного эксперимента

	Вариант армирования №1		Вариант армирования №2		Вариант армирования №3	
	Лира 9.6	Ansys	Лира 9.6	Ansys	Лира 9.6	Ansys
Максимальные главные напряжения в бетонном сечении, т/м ²	-1.48*10 ³	-1.41*10 ³	-1.48*10 ³	-1.38*10 ³	-1.48*10 ³	-1.39*10 ³
Максимальные касательные напряжения в бетонном сечении, т/м ²	-771	-810	-762	-798	-753	-780
Максимальные усилия в растянутой арматуре, т	12,3	12,77	12,6	12,45	11,8	11,37
Максимальные прогибы конструкции, мм	8,48	6,85	6,94	4,88	8,7	6,07

Следует отметить, что предельные величины главных растягивающих напряжений σ и касательных напряжений τ в исследуемой серии образцов по результатам расчета в двух программных комплексах практически идентичны, расхождения составляют не более 6,7%.

Разница в величинах перемещений обусловлена тем, что при расчете в нелинейной стадии в ПК Лира 9.6 прогибы определяются с учетом образования

трещин в теле бетона конструкции. При этом учитывается возможное проскальзывание арматуры в бетоне при деформации железобетонного сечения, что способствует увеличению абсолютных деформаций элемента.

Качественная картина распределения напряжений, полученная по результатам численного эксперимента, показывает, что поперечное армирование образцов (в виде наклонных стержней к оси колонны и сеток с наклонными стержнями, рисунки 1б, 1в) в целом совпадает с линиями действия главных растягивающих и касательных напряжений. Такие виды армирования потенциально повышают прочность центральной части монолитных узлов сопряжения колонн и балок многоэтажных каркасов зданий в сравнении с принятыми в практике проектирования традиционными схемами армирования [6], рисунок 1а.

Библиографический список:

1. Артюшин Д.В. Программа экспериментальных исследований монолитных узлов сопряжения колонн крайнего ряда с балками / Д.В. Артюшин, П.В. Коновалов // Моделирование и механика конструкций. 2019. № 10. С. 185-192.

2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М., Минстрой России, 2018.

3. Баранова Т.И. Развитие экспериментальной базы аналоговых моделей узлов сопряжения колонн и балок монолитных каркасов / Т.И. Баранова, В.А. Новиков, Д.В. Артюшин // Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 2005. № 9. С. 67.

4. Артюшин Д.В. Исследование напряженного состояния и характера разрушения монолитных узлов сопряжения колонн крайнего ряда с балками / Д.В. Артюшин, П.В. Коновалов // Прогрессивные технологии в современном машиностроении. Материалы и технологии XXI века. Сборник

статей XVI Международной научно-технической конференции. Пенза, 2021. С. 141-145.

5. Артюшин Д.В., Коновалов П.В. Оценка напряженно-деформированного состояния центральной зоны узловых сопряжений колонн с балками монолитных каркасных зданий // Моделирование и механика конструкций. 2021. № 13. С. 85-96.

6. Тихонов И.Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. Пособие по проектированию. – М., ФГУП «НИЦ «Строительство», НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, ЗАО «КТБ НИИЖБ», 2007.