

УДК.624.04.

**УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ СТАЛЬНОГО
КАРКАСА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ
В ПРОЦЕССЕ ЕГО РЕНОВАЦИИ**

Зернов Владимир Викторович,

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

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Зайцев Михаил Борисович,

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

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Лобода Василий Сергеевич,

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

студент.

Аннотация

В статье представлен вариант увеличения жёсткости промежуточных узлов и поперечных рам стального каркаса здания РБУ, подлежащего реновации. Замена кирпичной кладки и железобетонных конструкций покрытия стальным каркасом и ограждающими конструкциями из сэндвич-панелей позволило уменьшить нагрузку на стены 2 и 1 ярусов в более чем 30 раз.

Ключевые слова: промышленной здание, стальной каркас, пространственная жесткость, каркаса, отказ, реновация.

**INCREASING THE SPATIAL RIGIDITY OF THE STEEL FRAME OF AN
INDUSTRIAL BUILDING IN THE PROCESS OF ITS RENOVATION**

Zernov Vladimir Victorovich,

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

Zaytsev Mihail Borisovich,

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

Loboda Vasily Sergeevich,

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,
student.*

Abstract

The article presents a variant of increasing the rigidity of intermediate nodes and transverse frames of the steel frame of the RBU building to be renovated. The replacement of brickwork and reinforced concrete structures with a steel frame and sandwich panel enclosing structures made it possible to reduce the load on the walls of the 2nd and 1st tiers by more than 30 times.

Keywords: industrial building, steel frame, spatial rigidity, frame, failure, renovation.

Известно [1-5], что отказы многих зданий происходят из-за их недостаточной пространственной жёсткости. В каркасном здании в двух направлениях должны образовываться многопролетные рамы, жёсткость и пространственная устойчивость которых обеспечивается геометрической неизменяемостью их во всех направлениях, жёсткостью элементов каркаса, а также наложением связей на опорах и в узлах сопряжений элементов, связями по колоннам и в покрытии, подкрановыми балкам [6-7] (при их наличии).

В процессе реновации здания растворобетонного узла (РБУ) одного крупнейшего строительного холдинга Пензенской области, сданного в эксплуатацию в конце 50-х годов XX столетия, проводят замену большей части кирпичных стен и железобетонных конструкций покрытия (балок и

плит) стальным каркасом и сэндвич панелями (реновация - процесс улучшения, реконструкции, реставрации без разрушения целостности экосистемы инфраструктуры).

Кирпичное здание РБУ прямоугольное в плане с размерами 21.68 x 9 м высотой 25.18 м. Толщина наружных стен 510 мм. Стены усилены пилястрами, на которые опираются железобетонные двускатные балки с шагом 6 м. Покрытие выполнено из железобетонных плит. Внутри здания автономно установлены три стационарных миксера на 2 ряда сборных железобетонных колонн. Сетка колонн 6 x 6 м. Рабочие площадки соединены с наружными стенами гибкими связями. Здание неоднократно усиливалось стальными тяжами.

По высоте здание условно делится на 5 ярусов. На 5, 4 и 3 ярусах находятся транспортёры для загрузки компонентов раствора и бетона и накопительные бункеры, на 2 ярусе – растворо- и бетоносмесители (стационарные миксеры), на 1 ярусе – подъезды для автомобильных миксеров под погрузку раствора и бетона.

За достаточно большой срок эксплуатации здания (более 60 лет), под действием вибрационных нагрузок от технологического оборудования и атмосферных осадков в кирпичных стенах образовались многочисленные трещины, разделившие стены на отдельные самостоятельные блоки. Во избежание лавинообразного разрушения здание неоднократно усиливалось стальными тяжами. Однако со временем усиление ослабевало, трещины увеличивались. Техническое состояние РБУ оценивалось как предаварийное, а новое усиление стен нецелесообразно. Необходимо было срочно принимать какие-то решения: либо демонтировать полностью здание и строить новое, либо убрать разрушенные ограждающие конструкции и заменить их новыми. Руководство холдинга решило провести реновацию, то есть пойти по второму пути – демонтировать разрушенные кирпичные стены и железобетонные конструкции покрытия, установить стальной каркас на

монолитный железобетонный пояс и закрыть его сэндвич панелями. Всё это должно проводиться **без остановки производственного процесса**.

Вначале было запланировано снять стены только 5 яруса высотой около 4 м. Для этой высоты запроектированы стойки из квадратной трубы 180x180 x5 мм с жёсткими базами. Во время демонтажа существующих стальных тяжёлых усилений произошло проскальзывание отдельных кирпичных блоков друг относительно друга на 4 и 3 ярусах и отклонение торцевой стены от вертикали примерно на 10 см, возникла аварийная ситуация. Было решено демонтировать стены 4 и 3 ярусов. Общая высота демонтированных стен составила 13.3 м. Таким образом, высота стальных стоек также была увеличена, но сечение оставлено прежним – 180 x 180 x 5 мм, а гибкость значительно выросла и превысила предельное значение, принимаемое обычно равным 90.

При значительных гибкостях ($\lambda > 60$) сжатых стержней самым простым и приемлемым способом усиления является уменьшение их расчетной длины путем установки дополнительных стержней, раскрепляющих усиливаемый элемент.

В плоскостях стен (по осям А и Г, рядам 1 и 6) уменьшение гибкости и увеличение жёсткости осуществлено постановкой двух промежуточных распорок по всему периметру на уровне 1/3 и 2/3 высоты стоек и вертикальных Х- и V- образных связей.

В плоскостях рам установка горизонтальных дисков жёсткости оказалась невозможной из-за насыщенности оборудованием (транспортёров, стационарных миксеров, кран-балки) и отсутствия свободного пространства вокруг них. Кроме этого, монолитный железобетонный пояс из плоскости стен может испытывать кручение вызываемое давлением ветра, жёсткой заделкой в них стоек и пр.

Для увеличения жёсткости рам в поперечном направлении, увеличения крутильной жёсткости монолитного железобетонного пояса и уменьшения гибкости стоек по рядам 2-5 рекомендовано в уровне низа стоек и на уровне

1/3 и 2/3 высоты стоек установить спаренные балки из швеллеров вокруг внутренних железобетонных колонн. Промежуточные узлы крепления балок к стойкам на уровне 1/3 и 2/3 высоты дополнительно усиливаются соединительным уголком, приваренным к швеллерам и стойкам. Это позволяет увеличить жёсткость промежуточных узлов и поперечных рам в целом (рис.1).

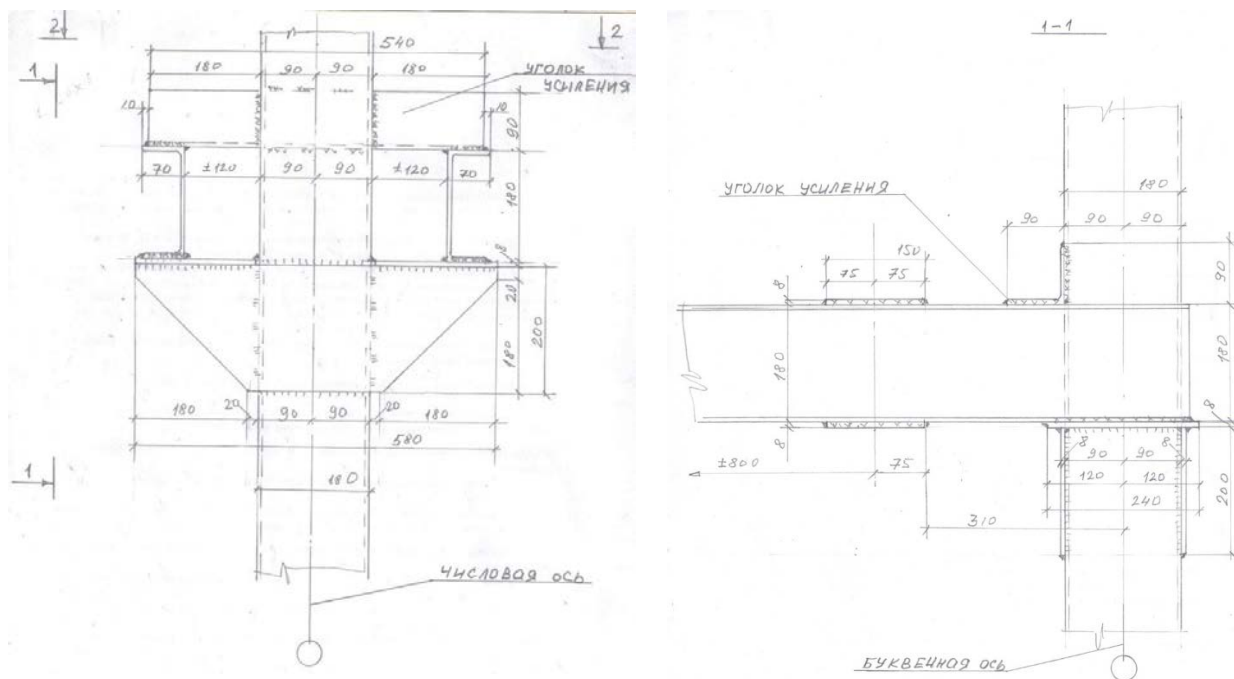


Рисунок 1 – Увеличение жёсткости промежуточных узлов и поперечных рам



Рисунок 2 – Здание РБУ в процессе реновации

Выводы:

1. Представлен вариант увеличения жёсткости промежуточных узлов и поперечных рам стального каркаса здания РБУ, подлежащего реновации.

2. Замена кирпичной кладки и железобетонных конструкций покрытия стальным каркасом и ограждающими конструкциями из сэндвич-панелей позволило уменьшить нагрузку на стены 2 и 1 ярусов в более чем 30 раз.

Библиографический список:

1. Опыт обследования зданий и сооружений / А. И. Шеин, С. В. Бакушев, В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Моделирование и механика конструкций. – 2017. – № 5. – С. 16. – EDN YJWNGF.

2. Шеин, А. И. Влияние конструктивного и эксплуатационного отказов на долговечность строительных конструкций / А. И. Шеин, В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 2(31). – С. 64-71. – EDN ZRETVX.

3. Нормативно-правовые документы и регламенты в обеспечении надёжности зданий и сооружений / А. И. Шеин, М. Б. Зайцев, В. В. Зернов, И. В. Зернов // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 3(32). – С. 94-98. – EDN ZRETLX.

4. Шеин, А. И. Некоторые причины отказа строительных конструкций / А. И. Шеин, В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Интернет-журнал Науковедение. – 2016. – Т. 8, № 6(37). – С. 88. – EDN XXYGXZ.

5. Шеин, А. И. Опыт реконструкции жилого дома после внезапного отказа / А. И. Шеин, В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Моделирование и механика конструкций. – 2018. – № 7. – С. 21. – EDN XOPMAX.

6. Зернов, В. В. Алгоритм итерационного метода деформационного расчета плоских рам одноэтажных промышленных зданий на различные нагрузки и проверка их общей устойчивости / В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Моделирование и механика конструкций. – 2018. – № 7. – С. 9. – EDN XOPLXF.

7. Зернов, В. В. Расчет плоских рам промышленных зданий по деформированной схеме шаговым методом / В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Моделирование и механика конструкций. – 2020. – № 12. – С. 74-80. – EDN LDKATS.