

УДК 624.078.416

**ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
МОНОЛИТНЫХ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ КОЛОНН
КРАЙНЕГО РЯДА С БАЛКАМИ**

Артюшин Дмитрий Викторович,

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

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции»,
декан Инженерно-строительного института.*

Коновалов Павел Владимирович,

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

аспирант, ассистент кафедры «Строительные конструкции».

Аннотация

В статье приводится программа экспериментальных исследований монолитных узлов сопряжения колонн крайнего ряда с балками многоэтажных каркасов зданий, учитывающая влияние основных факторов на их прочность.

Ключевые слова: монолитные каркасы зданий, узлы сопряжения колонн с балками, экспериментальные исследования, прочность.

**PROGRAM OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF MONOLITHIC
KNOTS CONNECTING COLUMNS OF EXTREME ROW WITH BEAMS**

Artyushin Dmitriy Viktorovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department «Building constructions», Dean of the Civil Engineering Institute.

Konovalov Pavel Vladimirovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Postgraduate, assistant of the department «Building constructions».

Abstract

The article presents a program of experimental studies of monolithic knots connecting columns of the extreme row with beams of multi-storey frames of buildings, taking into account the influence of the main factors on their strength.

Keywords: monolithic frames of buildings, knots connecting of columns with beams, experimental studies, strength.

Сегодня в нашей стране монолитное строительство, недостаточно распространённое до недавнего времени, получило широкое развитие. Строительная практика требует постоянного совершенствования методов расчёта несущих железобетонных конструкций зданий и сооружений. Однако в современных нормативных документах приводятся методы расчёта, не отображающие реального напряжённого состояния конструкций под нагрузкой и не позволяющие в полной мере обеспечить прочность опорных сечений, а также центральной зоны монолитных узлов сопряжения основных несущих элементов (колонн и балок) каркасов, которые обеспечивают их совместную работу и безопасность здания в целом.

Экспериментальные исследования узлов монолитных каркасов проводились многими отечественными учеными. Так в 70-е годы прошлого столетия в НИИЖБ под руководством профессора А.П. Васильева было испытано четыре серии опытных образцов средних узлов продольных и поперечных рам железобетонного каркаса с целью изучения надежности узлов [1]. Было выявлено, что в узлах с бесконсольным примыканием балок и слабым армированием центральной части разрушение произошло по центральной части узла. Наклонные трещины развивались между сжатыми зонами узла. Позже профессора А.П. Васильев и Ю.Д. Быченков провели экспериментальные исследования по целенаправленной программе для разработки метода расчёта центральной части узлов. В программу были включены новые факторы – армирование центральной зоны узлов сварными сетками и хомутами. В новых испытаниях разрушение узлов вновь произошло по центральной зоне.

Следующая серия испытаний узлов колонн и балок проводилась в ТбилЗНИИЭП совместно с НИИЖБ и ЦНИИСК им. Кучеренко. Исследовались узлы унифицированного каркаса ИСС-04 для строительства в сейсмических районах. Выявлены характер образования трещин, развернутая картина развития деформаций бетона и арматуры узлов сопряжения ригелей с колоннами среднего ряда, а также схемы разрушения. Центральная часть узлов была усиленно армирована с применением наклонных и горизонтальных хомутов. Разрушения таких узлов снова произошли по центральной части. Разрушающие силы в два раза превышали расчетные.

Испытания узлов сопряжения колонн крайнего ряда и балок проводились гораздо реже. В 1974 году в НИИЖБ была испытана серия натуральных крайних узлов рам железобетонного каркаса [2]. Изучались варианты анкеровки растянутой арматуры ригелей. Выявлено два вида разрушения: в результате чрезмерного развития наклонной трещины, а также в результате раздробления бетона центральной части узлов.

В 1984 году в Пензенском ИСИ совместно с НИИЖБ проведены экспериментальные исследования монолитных узлов сопряжения колонн и балок [3]. Цель испытаний заключалась в изучении влияния расстояния приложения сосредоточенной силы относительно грани колонн, рисунок 1. Были получены два вида разрушения – по нормальной трещине в опорном сечении ригеля, а также по наклонной сжатой полосе ригеля в приопорной зоне, рисунок 2. Оба вида разрушения сопровождалось образованием наклонной трещины в колонне в уровне сопряжения с консолью.

Следует отметить имеющуюся незавершенность в проведенных исследованиях узлов. Она заключается в том, что в опытах не был установлен максимальный процент поперечного армирования, обеспечивающий ее эффективное использование. Результаты экспериментов показывают, что во многих случаях излишнее армирование отрицательно сказывается на работе узлов в целом, снижая трещиностойкость бетона.

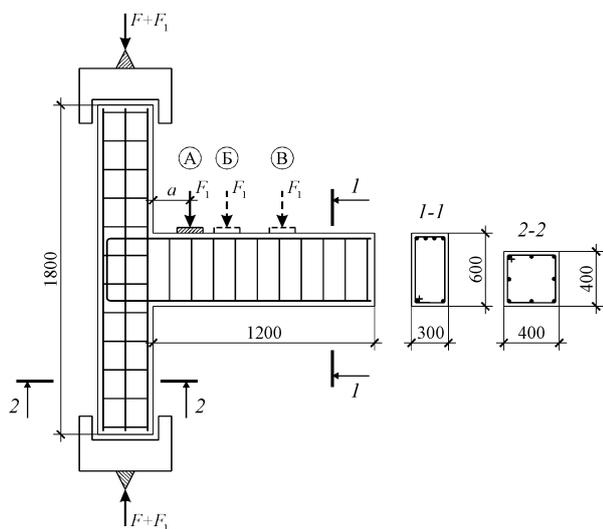


Рисунок 1. Схема армирования и испытаний фрагментов монолитных узлов сопряжения колонн и балок при изменении расстояния приложения сосредоточенной силы a [3]

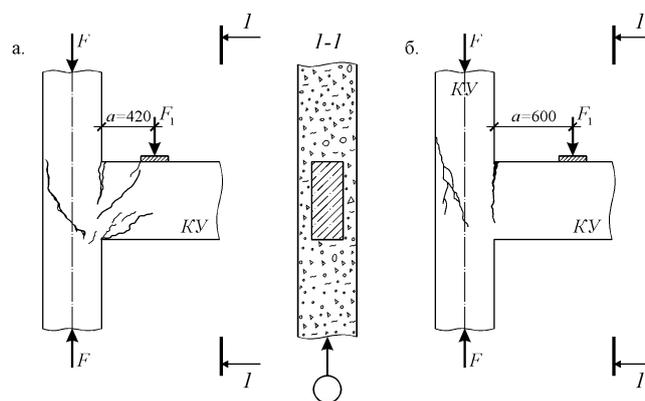


Рисунок 2. Схемы образования трещин и схемы разрушения узловых сопряжений железобетонных конструкций
а – при $a=42$ см;
б – при $a=60$ см

В ПГУАС в рамках выполнения научной работы планируется экспериментальное исследование центральной части монолитных узлов сопряжения колонн крайних рядов с балками (ригелями) с целью выявления наиболее эффективных вариантов их армирования. Разработанная программа исследований (рисунок 3) включает испытание серии опытных образцов для изучения влияния основных факторов, определяющих прочность центральной части узлов сопряжения колонн и балок. К основным факторам отнесены процент и варианты армирования центральной части узлов продольной арматурой ригеля и поперечными хомутами, перпендикулярными либо наклонными к оси колонны (рисунки 3а, б, в), а также сетчатой арматурой (рисунки 3г, д).

Все опытные образцы имеют \perp – образную форму, рисунок 4. Образцы узлов выполняются высотой 1,2 м из тяжелого бетона класса В25. Соотношение длины ригеля L_p и длины колонны l_k составляет 0,67; соотношение высоты сечения колонны и ригеля h_k/h_p составляет 1,0. Колонны и ригели имеют

сечение 30×30 мм. Выбранный масштаб элементов исследуемых узлов не требует применения теории моделирования.

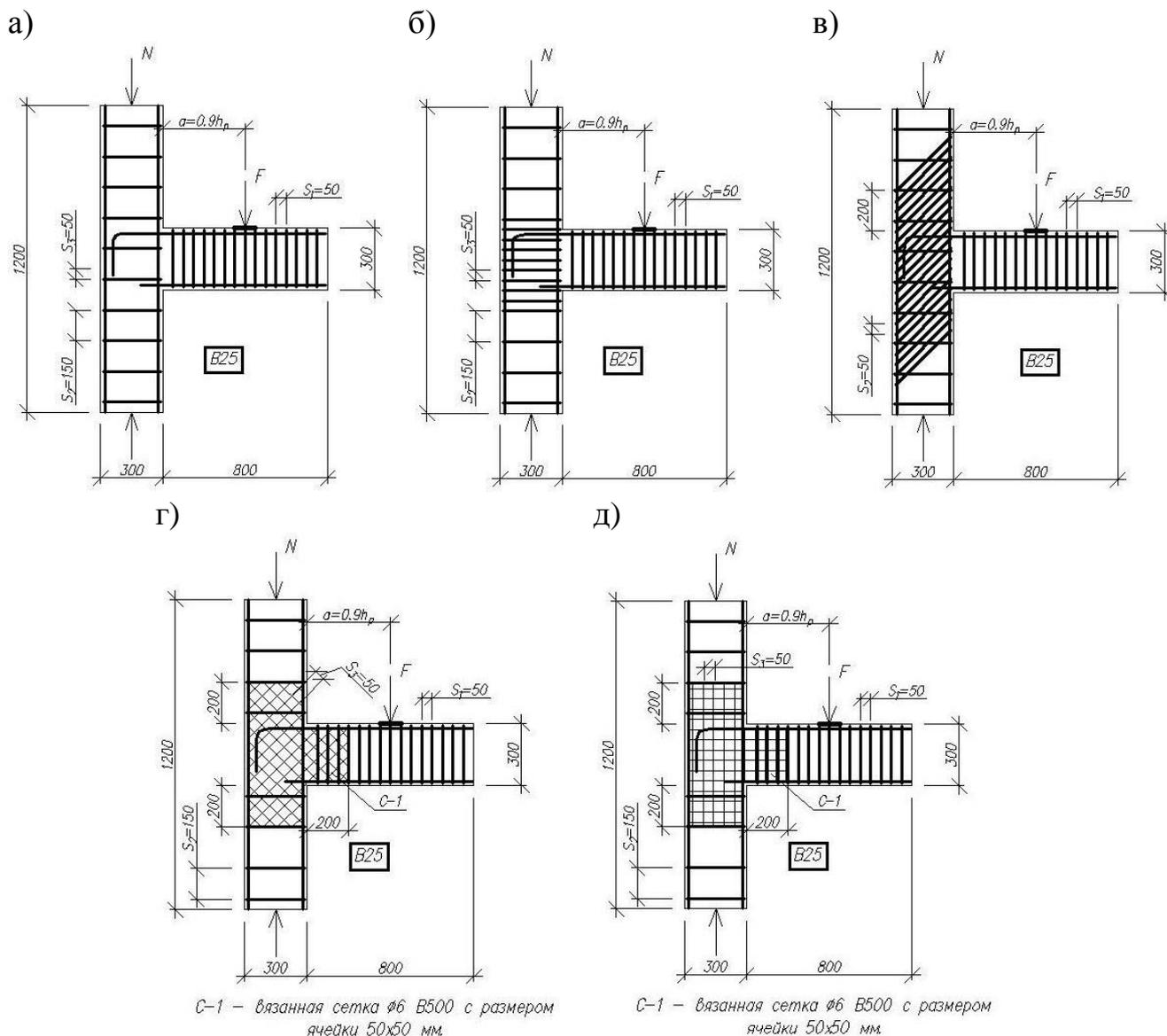


Рисунок 3. Программа экспериментальных исследований центральной части монолитных железобетонных узлов сопряжения колонн крайнего ряда с балками при изменении схем армирования

а, б – армирование центральной части узла рабочей продольной арматурой и поперечными стержнями, перпендикулярными к оси колонны; в – армирование центральной части узла рабочей продольной арматурой и наклонными поперечными стержнями; г, д – армирование центральной части узла рабочей продольной арматурой и сетками

а)



б)



Рисунок 4. Общий вид опытных образцов узлов сопряжения колонн крайнего ряда с балками

Армирование опытных образцов производится вязаными каркасами. Количество продольной и поперечной арматуры подбирается таким образом, чтобы исключить разрушение в колонне и ригеле узла. Количество рабочей продольной и поперечной арматуры определяется расчетом прочности опорных нормальных и наклонных сечений в соответствии с требованиями действующего СП 63.13330.2018 [4]. Продольная растянутая арматура ригеля принята из трех стержней $\varnothing 20$ класса А400. Продольная арматура колонны – $4\varnothing 20\text{A}400$. Анкеровка продольной арматуры производится с помощью заведения продольной арматуры ригеля на длину анкеровки в тело колонны. Центральная зона узла армируется поперечными стержнями из стали класса В500 диаметром 8 мм. Сетчатое армирование центральной зоны узла выполнено из арматуры $\varnothing 6$ мм класса В500 с размером ячейки 50×50 мм.

Программа проведения физического эксперимента предполагает жесткое закрепление опорной части колонны. Ствол колонны загружается ступенями продольной сжимающей силой, составляющей примерно 0,5-0,6 от расчетной разрушающей нагрузки. Нагрузка на ригель передается ступенями по 5 т на расстоянии $a \approx 0,9h_p$ от внутренней грани колонны также пошагово вплоть до разрушения узла. Схема испытаний позволит создать систему усилий в элементах узлов сопряжения несущих конструкций подобную реальной работе

монолитных каркасов. Силовая установка включает в себя две металлические рамы. В одну раму будет зажат ствол колонны, а другая будет служить упором для гидравлического домкрата, посредством которого и будет передаваться нагрузка.

Поперечное армирование образцов, представленных на рисунках 3в, г, д наиболее близко повторяет линии действия главных растягивающих напряжений, что положительно отражается в распределении внутренних усилий. Применение такого армирования центральной части монолитных узлов способствует уменьшению количества поперечной арматуры, вследствие более рационального её использования. Данный факт позволяет производить более качественное бетонирование, что в конечном итоге приводит к уменьшению количества дефектов в теле узла.

Наряду с физическим экспериментом планируется проведение и численного эксперимента. Численный эксперимент предоставит качественную картину распределения внутренних усилий, что позволит дать более точные и обоснованные рекомендации по расчету и применению новых вариантов армирования монолитных узлов сопряжения несущих элементов каркасов многоэтажных зданий [5-8].

Библиографический список:

1. Испытание опытных образцов средних узлов продольных и поперечных рам железобетонного каркаса. Отчет по НИР; НИИЖБ; научный руководитель Васильев А.П. – М., НИИЖБ, 1972.

2. Испытание натуральных крайних узлов рам железобетонного каркаса. Отчет по НИР; НИИЖБ. – М., НИИЖБ, 1974.

3. Экспериментальные исследования узлов сопряжения колонн и балок монолитных ригелей. Отчет по НИР; Пензенский ИСИ, НИИЖБ – Пенза, 1984.

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

5. 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.

6. Баранова Т.И. Совершенствование метода расчета монолитных узлов сопряжения железобетонных балок на основе аналоговых расчетных стержневых моделей / Т.И. Баранова, Д.В. Артюшин, А.И. Агуреев // Academia. Архитектура и строительство. – 2007. – № 1. – С. 74–78.

7. Артюшин Д.В. Экспериментально-аналитические исследования монолитных узлов сопряжения железобетонных балок / Д.В. Артюшин, В.А. Шумихина, Я.А. Азимова // Моделирование и механика конструкций. – 2016. – № 3. – С. 15.

8. Артюшин Д.В., Коновалов П.В., Сычева А.М. Метод расчета сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий на основе аналоговых стержневых моделей // Моделирование и механика конструкций. 2017. № 6. С. 9.