УДК 624.042.6

БАЛДИН ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
biwem@yandex.ru
ГОНЧАРОВ МАКСИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ, канд. техн. наук, ассистент,
Goncharov-84@mail.ru
БАЛДИН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук,
serb169@mail.ru
ТИГАЙ ОЛЕГ ЮРЬЕВИЧ, ст. преподаватель,
innie2005@rambler.ru
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТЫКОВ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН КАРКАСА КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ «КУПАСС» НА ДЕЙСТВИЕ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК*

В статье приведены результаты экспериментальных исследований стыков сборных железобетонных колонн при статическом нагружении, в которых соединение продольной рабочей арматуры производилось с использованием обжимных муфт. В результате экспериментальных исследований были получены схемы деформирования, трещинообразования и разрушения, величины разрушающих нагрузок экспериментальных образцов, а также определена податливость стыковых соединений.

Ключевые слова: стыки железобетонных колонн; экспериментальные исследования; многоэтажные здания; прочность; нагрузка; обжимные муфты.

IGOR V. BALDIN, PhD, A/Professor,
biwem@yandex.ru
MAXIM E. GONCHAROV, PhD, Instructor,
Goncharov-84@mail.ru
SERGEY V. BALDIN, PhD,
serb169@mail.ru
OLEG Yu. TIGAY, Senior Lecturer,
innie2005@rambler.ru
Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

STATIC LOAD TESTING FOR BUILT-UP COLUMN JOINTS IN UNIVERSAL PREFABRICATED ANTISEISMIC STRUCTURAL SYSTEM

The article presents the results of static load testing for built-up column joints in which the longitudinal reinforcement is connected using mechanical crimped couplers. Patterns of de-

* Исследования выполнены при финансовой поддержке по проекту Министерства образования и науки Российской Федерации.

formation, crack propagation, and failure are obtained as a result of these investigations. Also, fracture load and deformability values are presented for the workpieces and their joints.

Keywords: reinforced concrete column joints; experimental studies; multistorey buildings; strength; load; mechanical crimped couplers.

В последнее время в России, наряду с кирпичными, железобетонными панельными и монолитными зданиями, интенсивно развивается строительство зданий со сборным несущим железобетонным каркасом. На их основе возводятся гражданские, общественные и промышленные здания различной этажности. Каркасное решение зданий позволяет использовать широкий спектр планировочных решений.

Проектирование и возведение каркасных зданий – чрезвычайно сложная инженерная задача, связанная с целым рядом конструктивных, архитектурно-планировочных, градостроительных, социологических, физиологических и других проблем. ФГБУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» и АО «Иркутский Промстройпроект» разработали новую систему энергоресурсосберегающего жилья экономического класса на основе каркасной универсальной полносборной архитектурно-строительной системы (КУПАСС) (рис. 1). Элементами каркаса являются: колонны, ригели и вертикальные диафрагмы, узлы сопряжения которых выполняются путем обжатия продольной арматуры при помощи муфт.

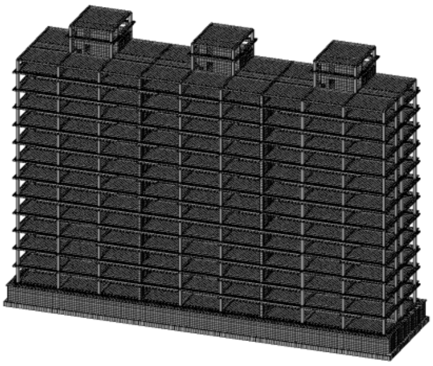


Рис. 1. Общий вид расчетной схемы трехсекционного здания-представителя системы «КУПАСС»

Проведенный анализ литературных источников [1–4] позволил выявить, что одним из слабых мест сборного железобетонного каркаса являются узлы сопряжения отдельных строительных конструкций, в том числе и стыков железобетонных колонн между собой по высоте. Для исследования работы стыков сборных железобетонных колонн, выполненных с применением обжимных муфт, были изготовлены в заводских условиях ООО ЗКПД ТДСК опытные образцы различного конструктивного решения (рис. 2):

– стык колонн с бетонным выступом (серия УСК);
– стык колонн с выступом в виде двутавра (серия УСКМ);
– стык колонн с выступом в виде металлической трубы (серия СКТ).

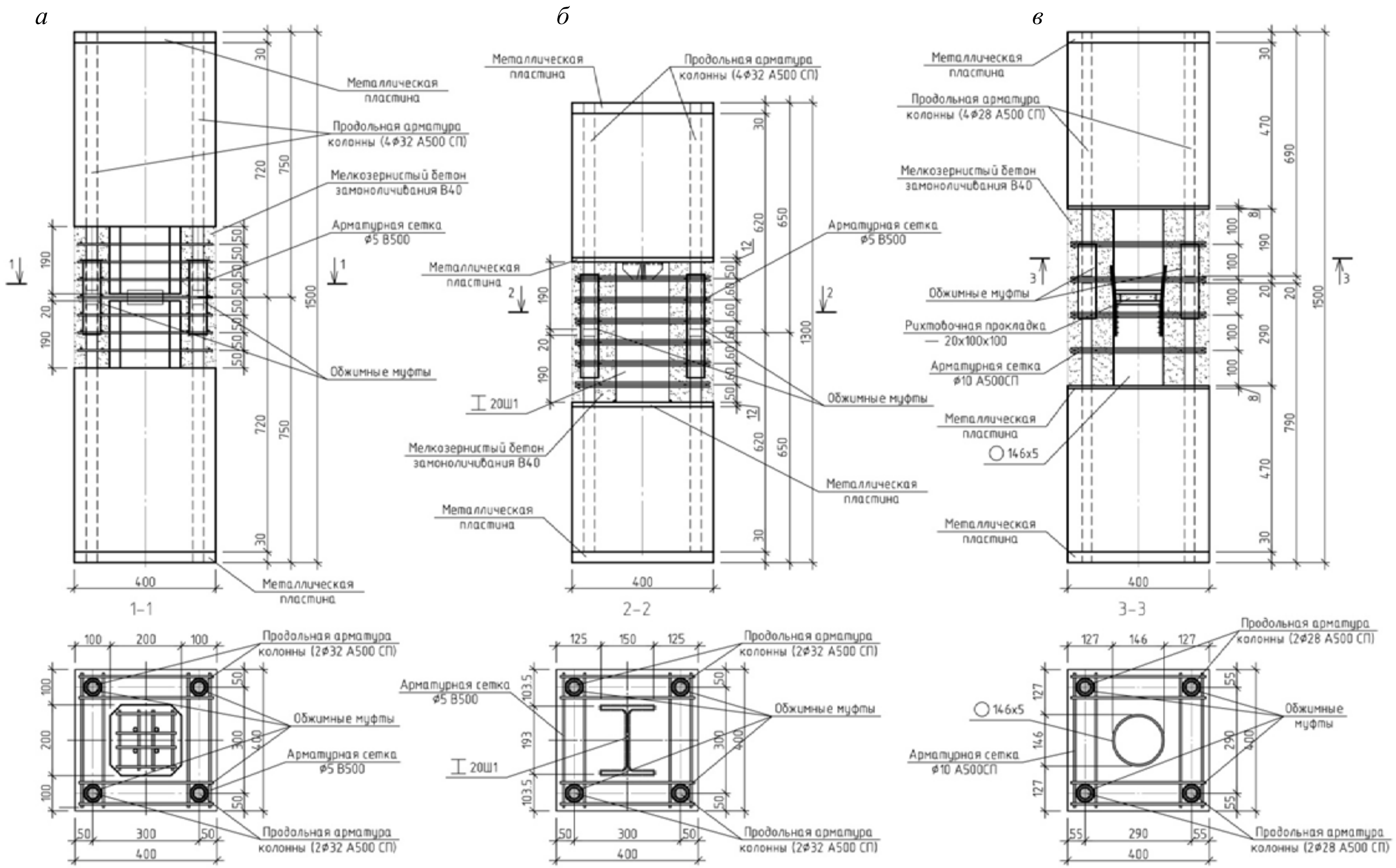


Рис. 2. Конструктивное решение экспеиментальных образцов:
а – УСК; *б* – УСКМ; *в* – СКТ

Все образцы стыков колонн запроектированы сечением 400×400 мм из тяжелого бетона класса В40. Высота образцов составила 1500 мм – для серий УСК и СКТ, 1300 мм – для серии УСКМ.

Армирование экспериментальных образцов выполнено в виде продольной и поперечной (хомуты и сетки) арматуры. Продольная арматура принята из 4 стержней диаметром 32 мм класса А500СП – для серий УСК и УСКМ и 4 стержней диаметром 28 мм класса А500СП – для серии СКТ. Сетки косвенного армирования тела колонны изготовлены из арматуры диаметром 5 мм класса В500С с ячейкой (55…60)×(55…60) мм и установлены с шагом 55…60 мм.

В зоне стыка устанавливаются дополнительные арматурные сетки из стержней диаметром 5 мм класса В500С – для образцов серий УСК и УСКМ и диаметром 10 мм класса А500СП – для образцов серии СКТ.

В экспериментальных образцах были применены различные конструктивные решения выступов в зоне стыка (бетонный выступ – в серии УСК; выступ в виде металлического двутавра 20Ш1 – для серии УСКМ; в виде металлической трубы сечением 146×5 мм – для серии СКТ), обеспечивающие устойчивость каркаса здания в стадии монтажа.

Стыковка продольной арматуры экспериментальных образцов в уровне стыка производится с применением обжимных муфт. Замоноличивание стыков колонн осуществляется мелкозернистым бетоном класса В40.

Испытания опытных образцов стыков колонн конструктивной системы «КУПАСС» на действие статических нагрузок проводились в сертифицированной лаборатории испытаний строительных конструкций кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» Томского государственного архитектурно-строительного университета (рис. 3). Исследования включают в себя испытание образцов стыков колонн по двум схемам: на осевое сжатие и изгиб (поперечную силу) при замоноличенном и незамоноличенном стыке.

Рис. 3. Общий вид испытания стыка железобетонных колонн

Испытания опытных образцов УСК-1, УСК-2, УСКМ-1, УСКМ-2, УСКМ-3, СКТ-1 и СКТ-3 проводились в рабочем (вертикальном) положении на гидравлическом прессе ПГ-1000 с максимальным усилием в 10000 кН; образцов СКТ-2 и СКТ-4 – в горизонтальном положении на гидравлическом прессе ПГ-1000. При этом образцы УСКМ-1, СКТ-1 и СКТ-2 испытывались без замоноличивания стыков. Нагрузка прикладывалась этапами (ступенями) по 100…500 кН.

В результате экспериментальных исследований были определены следующие параметры: вертикальные перемещения, продольные и поперечные деформации как самого стыка (рис. 4), так и элементов колонны, величина разрушающей нагрузки (табл. 1), получены схемы образования и развития трещин, схемы разрушения (рис. 5), а также была определена податливость стыковых соединений (табл. 1).

Величина податливости стыкового соединения, определенная теоретическим путем согласно рекомендациям[1], имеет удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными. При этом расхождение составляет менее 15 %.

Разрушение экспериментальных образцов замоноличенных стыков сборных железобетонных колонн при сжатии происходило вне зоны стыка. При испытании образцов без замоноличивания была отмечена потеря устойчивости двутавра в зоне стыка для образца УСКМ-1 и потеря устойчивости продольных стержней колонны в уровне стыка – для образцов СКТ-1, СКТ-2 (рис. 6, *а*). Для образца СКТ-4 было отмечено образование магистральной трещины в бетоне замоноличивания с разрывом продольной арматуры (рис. 6, *б*).

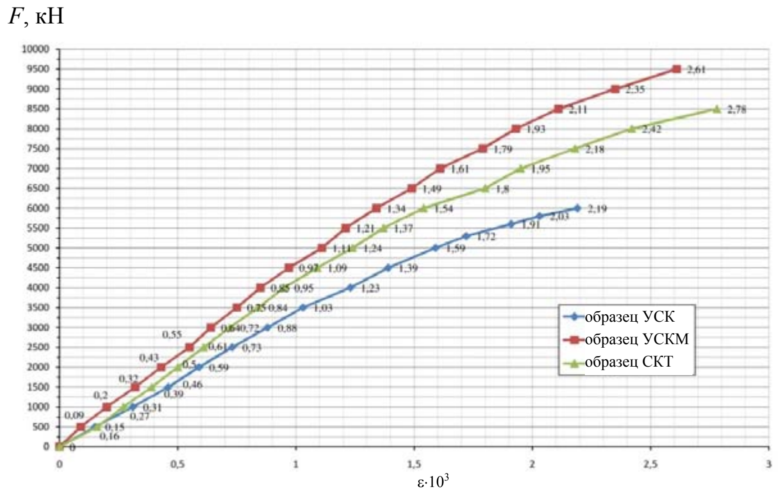
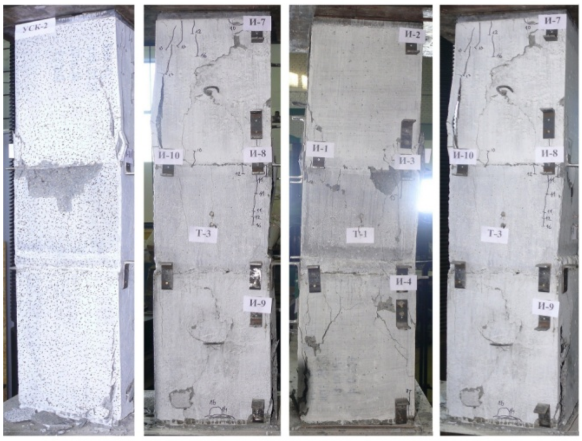


Рис. 4. Характерные зависимости продольных относительных деформаций от величины прикладываемой нагрузки для экспериментальных образцов с замоноличенными стыками

[1] Рекомендации по расчету каркасов многоэтажных зданий с учетом податливости узлов сопряжений сборных железобетонных конструкций / ОАО «ЦНИИПромзданий». М., 2002. 38 с.

а



б

в

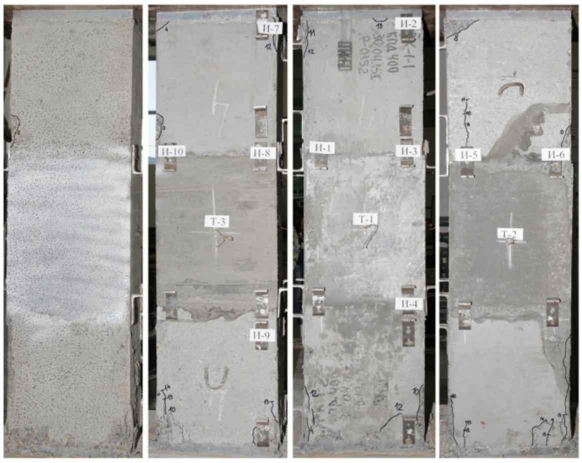


Рис. 5. Характер трещинообразования на заключительных этапах испытаний замоноличенных стыков:
а – образец УСК-2; *б* – образец УСКМ-2; *в* – образец СКТ-3

а

б

Рис. 6. Характер разрушения экспериментальных образцов без замоноличивания стыков: *а* – образец СКТ-2; *б* – образец СКТ-4

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований стыков сборных железобетонных колонн на обжимных муфтах

Наименование образца	Разрушающая нагрузка, кН	Податливость стыкового соединения, мм/кН
УСК-1	6800	$1{,}5\cdot10^{-4}$
УСК-2	8620	$1{,}7\cdot10^{-4}$
УСКМ-1	2540	$7{,}7\cdot10^{-4}$
УСКМ-2	>9800	$1{,}1\cdot10^{-4}$
УСКМ-3	>9800	$1{,}1\cdot10^{-4}$
СКТ-1	2600	$10{,}3\cdot10^{-4}$
СКТ-2	959	–
СКТ-3	>9800	$1{,}6\cdot10^{-4}$
СКТ-4	1095	–

Уточненные данные, полученные в результате экспериментальных исследований, в том числе и величины податливости стыковых соединений, были использованы при выполнении расчетов каркаса трехсекционного здания-представителя системы «КУПАСС» с учетом сейсмических воздействий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гончаров, М.Е.* Прочность стыков железобетонных колонн, усиленных металлическими элементами, при статическом и кратковременном динамическом нагружениях : дис. … канд. тех. наук. – Томск, 2014. – 206 с.
2. *Плевков. В.С.* Исследование работы стыков железобетонных колонн, усиленных металлическими элементами, при статическом и кратковременном динамическом нагружениях / В.С. Плевков, М.Е. Гончаров // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 2. – С. 154–165.
3. *Соколов, Б.С.* Прочность горизонтальных стыков железобетонных конструкций : монография / Б.С. Соколов, Г.П. Никитин. – Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – 104 с.
4. *Васильев, А.П.* Бессварные стыки колонн многоэтажных каркасов / А.П. Васильев, Н.Г. Матков // Бетон и железобетон. – 1984. – № 1. – С. 17–18.

REFERENCES

1. *Goncharov M.E.* Prochnost' stykov zhelezobetonnyh kolonn, usilennyh metallicheskimi ehlementami, pri staticheskom i kratkovremennom dinamicheskom nagruzheniyah. Diss. … kand. tekh. Nauk [Strength of column joints under static and dynamic loading. PhD thesis]. Tomsk, 2014. 206 p. (rus)
2. *Plevkov V.S., Goncharov M.E.* Issledovanie raboty stykov zhelezobetonnyh kolonn, usilennyh metallicheskimi ehlementami, pri staticheskom i kratkovremennom dinamicheskom nagruzheniyah [Behavior of reinforced concrete column joints under static and dynamic loading]. *Vestnik TSUAB*. 2013. No. 2. Pp. 154–165. (rus)
3. *Sokolov B.S., Nikitin G.P.* Prochnost' gorizontal'nyh stykov zhelezobetonnyh konstrukciy: monografiya [Strength of horizontal joints of reinforced concrete structures. Monograph]. Moscow : ASV Publ., 2010. 104 p. (rus)
4. *Vasil'ev A.P., Matkov N.G.* Bessvarnye styki kolonn mnogoehtazhnyh karkasov. Beton i zhelezobeton [Weldless joints of columns in multistorey buildings]. *Beton i zhelezobeton*. 1984. No. 3. Pp. 17–18. (rus)