



Қазақстан Республикасы инвестициялар және даму министрлігінің Құрылыс және тұрғын-үй коммуналдық шаруашылық істері комитеті

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан

Ministry for investments and development, Republic of Kazakhstan, the Committee for Construction and housing and Communal Services

# ХАБАРШЫСЫ ВЕСТНИК THE HERALD

№7 (71) 2017

ISSN 2224-9346



9 772224 934003

"ҚАЗАҚ ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ СӘУЛЕТ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ  
ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ ИНСТИТУТЫ" АҚ

АО "КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"

JSC "KAZAKH SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE  
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE"



Акционерное общество  
«Казахский научно-исследовательский  
и проектный институт строительства  
и архитектуры»

Обучающие семинары и курсы по повышению  
квалификации специалистов, проводимые  
Центром повышения квалификации  
АО «КазНИИСА»

- ✓ разработка проектной документации на строительство, реконструкцию и восстановление зданий и сооружений, возводимых либо расположенных в климатических районах с обычными геологическими условиями, а также на площадках сейсмичностью 7,8,9 и 10 баллов (лицензия первой категории);
- ✓ изыскательская деятельность, включающая подвиды деятельности по геофизическим исследованиям, рекогносцировку и съемку, полевые исследования грунтов, гидрогеологические исследования, построение и закладку геодезических центров и иные инженерно-геодезические работы (лицензия первой категории);
- ✓ проведение научных исследований, опытно-экспериментальных, технологических и проектных работ, направленных на обеспечение надежности и безопасности зданий и сооружений;
- ✓ экспертные работы, включающие работы по экспертизе проектов и проведению технического обследования надежности и устойчивости зданий и сооружений;
- ✓ осуществление технического и авторского надзоров, обеспечивающих подготовку и осуществление строительства с целью достижения оптимальных проектных показателей;
- ✓ разработка специальных технических условий на проектирование и строительство объектов в районах повышенной сейсмической опасности;
- ✓ оценка последствий стихийных бедствий и аварий зданий и сооружений;
- ✓ осуществление расчетов зданий и сооружений на статические и динамические (сейсмические) нагрузки;
- ✓ технико-экономический аудит объектов строительства;
- ✓ разработка мероприятий для проектирования и строительства зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях.
- ✓ организация и проведение обучения и аттестации инженерно-технических работников, специализирующихся в области проектных и строительско-монтажных работ в сейсмоопасных районах.

1. Основы сейсмостойкого строительства;
2. Применение строительных норм СН РК EN, идентичных Еврокодам в проектировании и строительстве зданий и сооружений.
3. Геодезические работы в строительстве с применением новых технологий
4. Ресурсный метод сметного ценообразования в строительстве.
5. BIM-технологии - внедрение технологий информационного моделирования (Building Information Modeling);
6. Оценка сейсмических рисков.
7. Обеспечение селебезопасности на территории РК.
8. Техника безопасности на производстве.
9. Техническое обследование надежности и устойчивости зданий и сооружений, уникальных и технологически сложных.
11. Современные методы определения опасных дефектов железобетонных конструкций и применяемые решения для их устранения.
12. Бесконтактный метод диагностики дефектов строительных конструкций в существующих зданиях и сооружениях и методы их ликвидации.
13. Автоматизированные системы проектирования и расчета зданий и сооружений.
14. Обучение работе с автоматизированными комплексами по расчету зданий и сооружений (например ВК "ЛИРА-САПР 2014").
15. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности в строительной сфере Республики Казахстан

*ДОВЖЕНКО О.А., проф., к.т.н., ПОГРЕБНОЙ В.В., доц., к.т.н., ЮРКО И.А., доц., к.т.н.  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка  
(Полтава, Украина)*

## **СТЫКИ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

*Рассмотрены виды и особенности стыков современных конструктивных систем. Обобщены основные факторы, влияющие на несущую способность стыков, а также предложена методика расчета шпоночных соединений, основанная на теории пластичности бетона с учетом полной совокупности этих факторов. Предложены варианты улучшения конструкции стыков для разных сборно-монолитных конструктивных систем.*

В настоящее время в строительной отрасли широко распространены каркасные многоэтажные гражданские здания, среди которых в первую очередь следует выделить возводимые с использованием таких современных сборно-монолитных конструктивных систем как КУБ-2,5 [1], СОРЕТ [2], КАЗАНЬ-XXI век [3], АРКОС [4] и их модификации.

При этом особое внимание уделяется проектированию стыков несущих элементов систем, обеспечивающих их совместную работу под нагрузкой. Среди них существенную роль играют шпоночные соединения, обладающие повышенным сопротивлением срезу.

В Полтавском национальном техническом университете имени Юрия Кондратюка на протяжении последних тридцати лет проводятся системные теоретические и экспериментальные исследования шпоночных соединений бетонных и железобетонных элементов [5], которые позволили сформулировать рекомендации по их расчету и усовершенствовать конструктивные решения.

Для расчета прочности стыков предложена методика [6], которая базируется на теории пластичности бетона, вариационном методе и принципе виртуальных скоростей, рассматривает стадию разрушения и учитывает полную совокупность факторов влияния.

Предлагается следующая классификация шпоночных соединений бетонных и железобетонных элементов:

- контактные и с наличием шва;
- одношпоночные и многошпоночные;
- с квадратной, прямоугольной (вытянутой в высоту или ширину), круглой или овальной формой поперечного сечения шпонок;
- с прямоугольным, трапециевидным, треугольным, полукруглым или ломаным шпоночным профилем;
- обжатые или армированные (с расположением арматуры в один или два уровня по высоте шпонки);
- из тяжелого, керамзито- и фибробетона;
- разрушающиеся по шпонке и по шву;
- разрушающиеся от смятия, среза или отрыва.

Основными факторами, определяющими прочность стыков, являются: геометрия соединения, в первую очередь соотношение глубины  $l_k$  шпонки к ее высоте  $h_k$ ; форма поперечного сечения; угол наклона поверхности нагружения; наличие и ширина шва; армирование; обжатие; количество шпонок, обе прочностные характеристики бетона  $f_{cd}$  и  $f_{ctd}$ .

Максимальную прочность в случае использования тяжелого бетона имеют шпонки с отношением  $l_k/h_k = 0,25$ . Учитывая особенности технологии изготовления элементов для

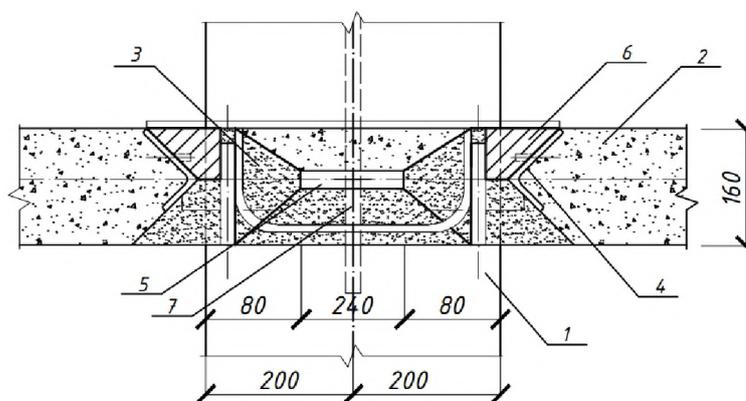
применения рекомендуются трапециевидный шпоночный профиль. При этом обжатие и армирование существенно увеличивают прочность соединений, расширяют границы срезовой формы разрушения стыков и повышают пластические свойства бетона.

В безбалочной безкапитальной конструктивной системе КУБ-2,5 надколонные плиты крепятся с помощью сварки заложенных в них обойм к арматуре колонны путем соединительных деталей. Промежутки между колонной и обоймой, а также между плитами заполняются высокопрочным мелкозернистым бетоном. При этом в забетонированных промежутках образуется шпонки, бетон которых дополнительно упрочняется за счет всестороннего обжатия.

При расчете шпоночного соединения плиты с колонной системы КУБ-2,5 рассматривается одношпоночный обжатый стык трапециевидного профиля с высотой  $h_k = 160$  мм, глубиной шпонки  $l_k = 170$  мм, отношением размеров  $l_k / h_k = 1,06$  и углом наклона опорных поверхностей шпонки  $\psi = 26^\circ$ ; принимается бетон замоноличивания класса С32/40.

При оценке прочности соединения на действие поперечной силы учитываются обе прочностные характеристики бетона  $f_{cd}$  и  $f_{ctd}$ , соотношение геометрических параметров шпонки  $l_k / h_k$ , угол наклона  $\psi$  и величина обжатия  $\sigma$ .

Разработаны предложения по совершенствованию конструкции указанного стыка путем изменения геометрии шпонки [7]. Предлагается уменьшить ее глубину до  $l_k = 80$  мм, что приведет к  $l_k / h_k = 0,5$  (рис. 1), повышению прочности шпоночного соединения и улучшению условий передачи вертикальной нагрузки.

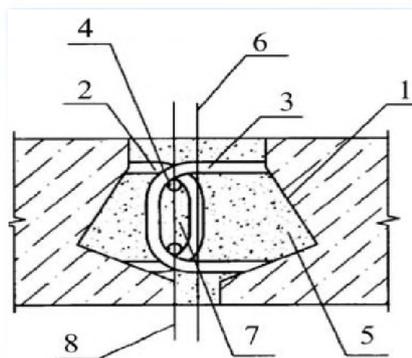


**Рисунок 1 – Конструкция усовершенствованного стыка соединения надколонной плиты с колонной:**

- 1 – колонна; 2 – плита перекрытия; 3 – шпонка;  
4 – металлическая обойма; 5 – закладная деталь; 6 – металлическая пластина;  
7 – фиксирующий стержень**

Соединение сборных железобетонных межколонных плит с надколонными и пролетными в сплошной диск перекрытия осуществляется с помощью «стыка Передерия». Он реализуется за счет выпущенной арматуры с торцов плит в виде петель таким образом, что между ними после монтажа образуются кольца, в которые пропускается стержневая арматура. На торцах плит устраивается шпоночный профиль (рис. 2).

При расчете стыка на поперечную силу учитываются угол наклона опорных поверхностей  $\psi$ , длина  $b_k$ , высота и глубина шпонки, отношение  $l_k / h_k$ , ширина шва и обе характеристики бетона замоноличивания.



**Рисунок 2 – «Стык Передерия» между плитами:**

**1 – шпоночные пазы; 2, 3 – петлеобразные выпуски; 4 – арматурные стержни 2Ø10A400С; 5 – бетон замоноличивания; 6 – ось симметрии стыка; 7 – нахлестка петель; 8 – ось симметрии перекрывания петель**

В соответствии с приведенной классификацией одношпоночные стыки с наличием шва могут разрушаться либо по шпонке, либо по шву. В [5] рекомендуются условия, при соблюдении которых реализуется конкретный случай разрушения указанных стыков: при  $l_k/h_k = 0,35 - 0,5$ ,  $t_j/h_k \leq 0,3$  – разрушение происходит по шпонке; при  $l_k/h_k < 0,5$ ,  $0,3 > t_j/h_k \geq 1,0$  – по шву (тут  $t_j$  – ширина шва).

Результаты расчета «стыка Передерия» подтверждают, что его предельная нагрузка при разрушении по шву меньше чем при разрушении по шпонке.

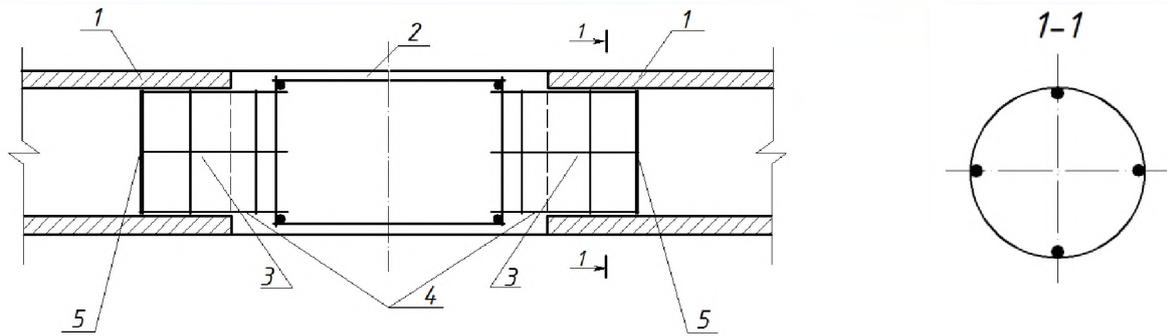
В системе АРКОС многпустотные плиты опираются на монолитные несущие ригели с помощью бетонных шпонок. Шпоночные стыки также используются в перекрытии для соединения плит со связевыми ригелями и между собой, что обеспечивает существенную экономию материалов за счет совместной работы элементов.

Особенностью расчета шпоночных соединений плиты перекрытия с монолитными несущими ригелями является учет формы поперечного сечения шпонок и распора, который возникает при деформировании перекрытия.

Оценка влияния круглого поперечного сечения шпонки на ее несущую способность осуществляется путем учета характера распределения усилий при передаче нагрузки и эллиптической формы поверхности разрушения [8]. Учет круглого сечения шпонки вместо эквивалентного квадратного приводит к снижению расчетной прочности приблизительно на 10%, что определяет необходимость такого учета для обеспечения надежности соединения.

Авторами даны предложения относительно совершенствования конструкции стыка круглопустотной плиты с ригелем [9] путем армирования шпонок цилиндрическими каркасами (рис. 3). При этом обеспечивается равная прочность шпоночного стыка как в вертикальной так и горизонтальной плоскостях, а также повышается его надежность при сейсмических воздействиях. Армирование существенно повышает несущую способность данного стыка и расширяет границы срезовой формы разрушения. Неравномерное обжатие, вызванное распором, также является определяющим фактором прочности соединения.

В модификациях сборно-монолитного перекрытия системы АРКОС изменяются: глубина шпонки (150 мм вместо 100 мм) и ее высота (увеличивается на толщину верхней полочки плиты); количество и характер армирования (двухуровневое: в верхнем уровне и посередине высоты шпонки). Предложенная методика расчета прочности с применением вариационного метода позволяет учесть все отмеченные выше особенности стыков и более точно оценить их несущую способность.

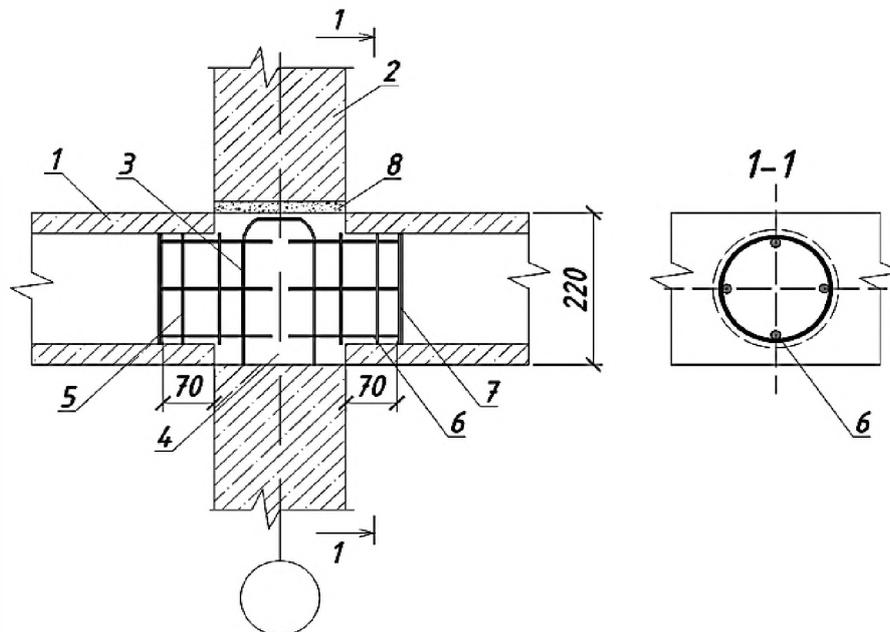


**Рисунок 3 – Усовершенствованный узел соединения плит с ригелем  
в сборно-монолитном перекрытии:**

**1 – опорные площадки круглопустотных плит; 2 – монолитный ригель; 3 – шпонки; 4 – арматурные каркасы цилиндрической формы; 5 – ограничители**

Наряду с каркасными зданиями в жилищном строительстве продолжает использоваться крупнопанельное домостроение. В [10] предложен вариант контактно-платформенного стыка многопустотных плит со стеновыми панелями, в котором торцы плит вынесены за плоскость стены. Стык имеет большую несущую способность, чем платформенный, что позволяет уменьшить толщину несущих стен и является актуальным для зданий повышенной этажности.

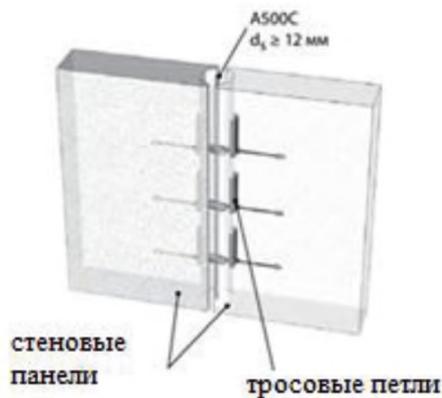
Особенности конструкции соединения (рис. 4), по сравнению с предложенной в [10], состоят в установке арматурных каркасов в виде полых цилиндров и корректировке глубины шпонок по результатам выполненного авторами расчета несущей способности.



**Рисунок 4 – Контактно-платформенный стык панельных стен с вынесенными  
за площадь стены зонами опирания многопустотных плит:**

**1 – многопустотная плита; 2 – стеновая панель; 3 – арматурные выпуски из стеновой панели; 4 – бетон замоноличивания; 5 – шпонка; 6 – арматурный каркас шпонки; 7 – заглушка; 8 – цементно-песчаный раствор**

Разновидностью монолитных соединений является разработанный финской фирмой «Reikko» [11] стык с использованием вместо стержневой арматуры тросовых петель, которые на момент бетонирования стеновой панели спрятаны в закрытый короб. В процессе монтажа короб открывается, петли соседних панелей накладываются одна на другую (рис. 5), после чего через них пропускается арматурный стержень, и стык замоноличивается.



**Рисунок 5 – Шпоночный узел соединения внешних стеновых панелей с использованием тросовых петель «Reikko»**

Для трехшпоночных стыков разграничены следующие случаи разрушения (при условии, что высота шпонки равняется расстоянию между ними): если  $t_j/h_k \leq 0,3$ : при  $0,25 \leq l_k/h_k < 0,35$  – происходит разрушение по шву, а при  $0,35 \leq l_k/h_k \leq 0,5$  – разрушаются шпонки; если  $0,3 < t_j/h_k < 3,0$  и  $0,25 \leq l_k/h_k \leq 0,5$  – реализуется смешанный вариант разрушения по шпонкам и шву (за расчетное принимается минимальное значение предельной нагрузки), когда  $t_j/h_k \geq 3,0$  – разрушается шов. Прочность стыков в соответствии с формами разрушения определяется по формулам, полученным вариационным методом теории пластичности бетона. При этом учитываются геометрические параметры стыка, характеристики прочности бетона замоноличивания, поперечное и продольное армирование.

#### **ВЫВОДЫ:**

Широкое применение шпоночных соединений в сборно-монолитных конструктивных системах многоэтажных зданий определяет необходимость совершенствования методики расчета их прочности. В ПолтНТУ разработана достаточно общая методика расчета шпоночных стыков на основе вариационного метода в теории пластичности бетона, которая подтверждена результатами экспериментальных исследований. Она базируется на рассмотрении характера разрушения стыков и системы определяющих прочность факторов. Использование предложенной методики расчета позволяет более точно оценить несущую способность стыков и усовершенствовать их конструкцию.

#### **Литература:**

1. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса. Основные положения по расчету, монтажу и компоновке зданий: Рабочий проект в 9-ти выпусках. Серия КУБ-2,5. Выпуск 1-1 / Фирма «КУБ» СП «ИНЭКС», Научно-проектно-строительное объединение монолитного домостроения (НСПО «МОНОЛИТ»). – М., 1990. – 49 с.
2. Каркасная несущая система SARET [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.kgasuclan.ru/down/viewdownload/80/242>.

3. Универсальная несущая сборно-монолитная каркасная система «КАЗАНЬ-XXI век»/ И.И. Мустафин, ООО «Проектно-конструкторская фирма «Каркас». – Казань, 2005. – 21 с.
4. Мордич А.И., Вигдорчик Р.И., Белевич В.Н., Залесов А.С.. 1999. Новая универсальная каркасная система многоэтажных зданий. Бетон и железобетон. – № 1. – С. 2 – 4.
5. Довженко О.О. Міцність шпонкових з'єднань бетонних і залізобетонних елементів: експериментальні дослідження. – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка.– 2015.– 181 с.
6. Довженко О.О., Погрібний В.В., Чурса Ю.В. Методика розрахунку шпонкових з'єднань залізобетонних елементів Вісник національного університету «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – №755. 2013.– С. 111 – 117.
7. Патент на корисну модель №91267: МПК (2006.01) E04B 1 / 04. Вузол з'єднання надколлонної плити з колоною у збірно-монолітних безкапітельно-безбалкових перекриттях / О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Ю.В. Чурса , А.І. Бігдан: власник патенту – ПолтНТУ. – Опубл. 29.12.2014. – Бюл. № 12.
8. Довженко О.А., Погребной В.В., Чурса Ю.В. Расчет прочности шпоночных соединений элементов перекрытия конструктивной системы «АРКОС». Промышленное и гражданское строительство. 2017.– № 2. – С. 70–74.
9. О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Ю.В. Чурса. Вузол з'єднання плит з ригелем у збірно-монолітних перекриттях. Патент на корисну модель № 104986: МПК (2006.01) E04B 1 / 38. – Опубл. 25.02.2016.– Бюл. № 4. – 2016.
10. Блажко В.П. О применении многопустотных плит безопалубочного формования в панельных и каркасных зданиях. Научно-технический и производственный журнал «Жилищное строительство». – 2015.– №10. – С. 7–10.
11. Суур-аскола П. Технологически усовершенствованный продукт от компании Peikko – тросовая петля PVL. Жилищное строительство. – №3. 2013. – С. 21–25.