

УДК 624.042.1

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ШПОНОЧНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЫКОВ СТЕН
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

Артюшин Дмитрий Викторович,

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

кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».

Шумихина Виктория Андреевна,

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

магистрант.

Аннотация

Статья посвящена решению задачи проектирования стыковых соединений стен многоэтажных зданий. Приведены данные натурных испытаний шпоночных стыков стеновых панелей. Выявлены особенности образования и развития трещин, а также характерные схемы разрушения стыковых соединений стен. Предложены расчетные стержневые и каркасно-стержневые модели шпоночных стыков стен при сдвиге.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, шпоночные стыки стен, стержневая и каркасно-стержневая модели, расчетные усилия.

**EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL RESEARCHES OF SPLINE
VERTICAL JOINTS OF WALLS MULTYSTORIED BUILDINGS**

Artyushin Dmitriy Viktorovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department «Building constructions».

Shumikhina Victoria Andreevna,

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

Abstract

Article is devoted to the solution of a problem of design of butt connections of walls of multystoried buildings. Data of natural tests the spline joints of wall panels are provided. Features of formation and development of cracks, and also characteristic schemes of destruction of butt connections of walls are revealed. Settlement rod and frame-rod models the spline joints of walls are offered at shift.

Keywords: experimental researches, spline joints of walls, rod and frame-rod models, settlement efforts.

В настоящее время в строительстве широко используются как стеновые, так и каркасно-несущие системы. Обе системы имеют свои преимущества и недостатки. Одной из основных проблем проектирования стеновых несущих систем являются вертикальные стыки стен. Причина заключается в отсутствии совершенных методов расчета, обеспечивающих прочность и деформативность вышеуказанных стыков. Существующие методы расчета, используемые при проектировании, основываются на эмпирическом подходе к оценке прочности стыков стен при действии усилий сдвига и не учитывают влияние многих основных факторов, например, таких как угол наклона граней шпонок, толщина шва и другие. Таким образом, наиболее важным представляется изучение механизмов деформирования стен (особенно стыковых сопряжений) и совершенствование методов их расчета с учетом нелинейности деформаций.

Монолитный стык, являясь основой несущей системы соединения стен многоэтажных зданий, кроме своей основной функции – объединять примыкающие стены в единую несущую систему, должен надежно сопротивляться знакопеременным усилиям сдвига и растяжения, обеспечивая совместность работы арматуры стыка и стен. Для этого на стыкуемых стенах устраиваются шпонки, показанные на рисунке 1. Стены соединяют

арматурными петлевыми соединениями, позволяющими отказаться от сварки. Опыт эксплуатации, а также анализ аварийности стеновых систем (в том числе при землетрясениях) показали, что наиболее опасным видом разрушения является срез вертикальных стыковых соединений стен.

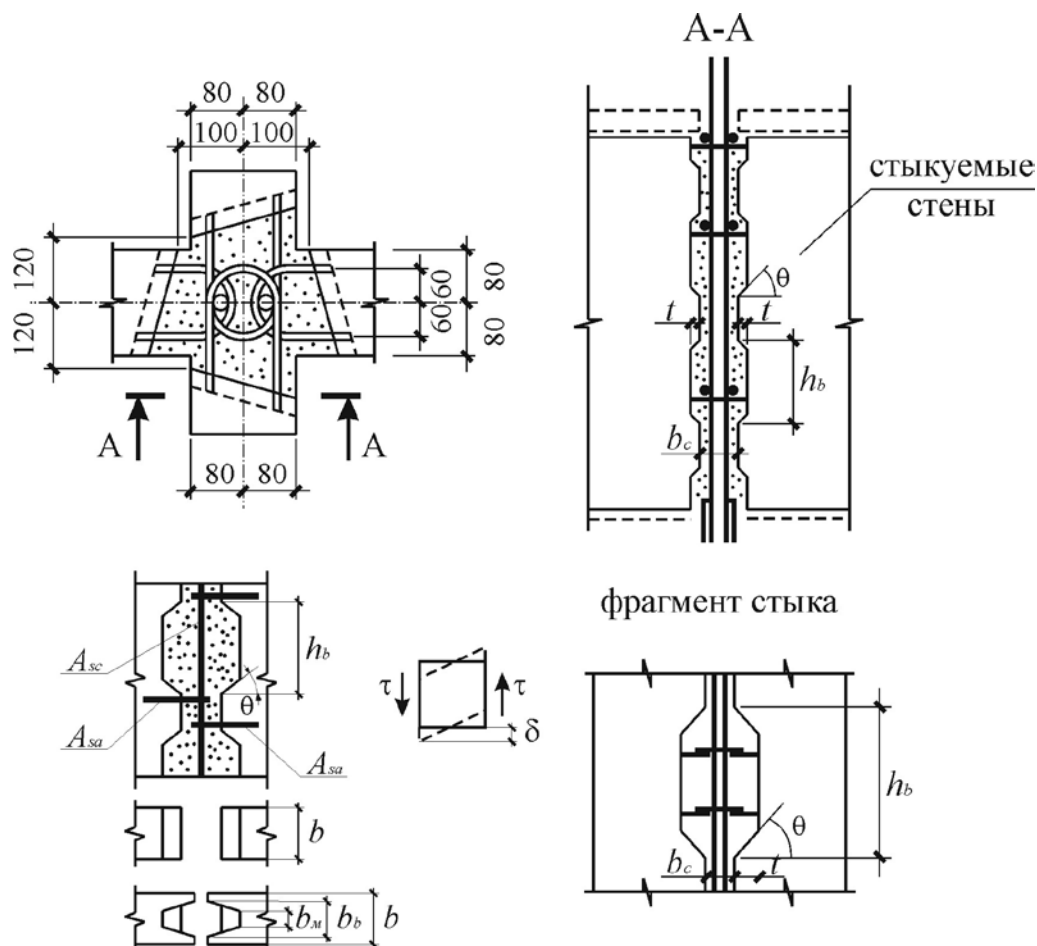


Рисунок 1 – Схема армирования и конструирования вертикального монолитного стыка стен

В данной статье анализируются результаты экспериментально-аналитических исследований шпоночных стыков несущих стен многоэтажных зданий при действии срезающих усилий, проведенных на кафедре «Строительные конструкции» ПГУАС (г. Пенза), в Лаборатории железобетонных конструкций Национального технического университета Греции (г. Афины) и в институте ЦНИИЭП жилища (г. Москва). Наиболее значимыми по диапазону изучаемых факторов являются исследования, проведенные в работах [1-4].

Испытания [1] проводились при действии циклических нагрузок. Схема испытаний стыковых соединений стен показана на рисунке 2. Изучена деформативность стыков, выявлены характеристики их пластичности, влияние процента армирования в диапазоне $\mu_s=0,2\div 1,0\%$, ширина стыка $b=12,0\div 30,0$ мм. Учитывалась также история нагружения. Выявлено снижение прочности испытанных образцов в среднем на 25% при относительном сдвиге $\delta\leq 0,7$ мм. Отличительной особенностью проведенных исследований являлась схема нагружения стыков статически приложенными усилиями сдвига. Установлено, что разрушение монолитного шпоночного стыка происходит в результате образования критических наклонных трещин, соединяющих внутренние углы шпонок (рисунок 3).

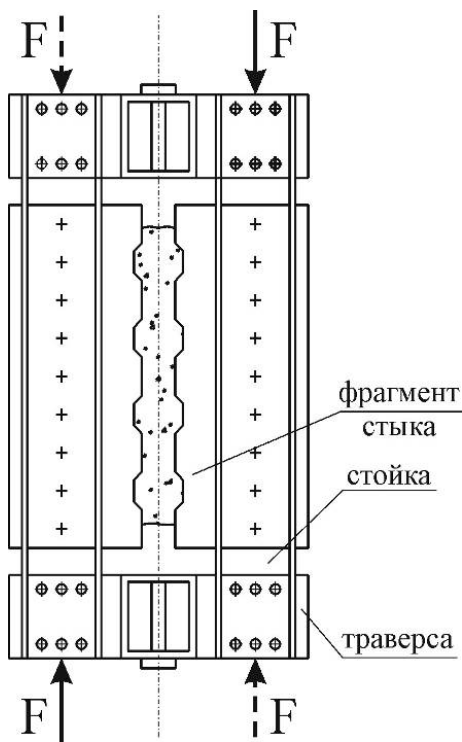


Рисунок 2 – Силовая установка для испытания стыков стеновых панелей на знакопеременный сдвиг

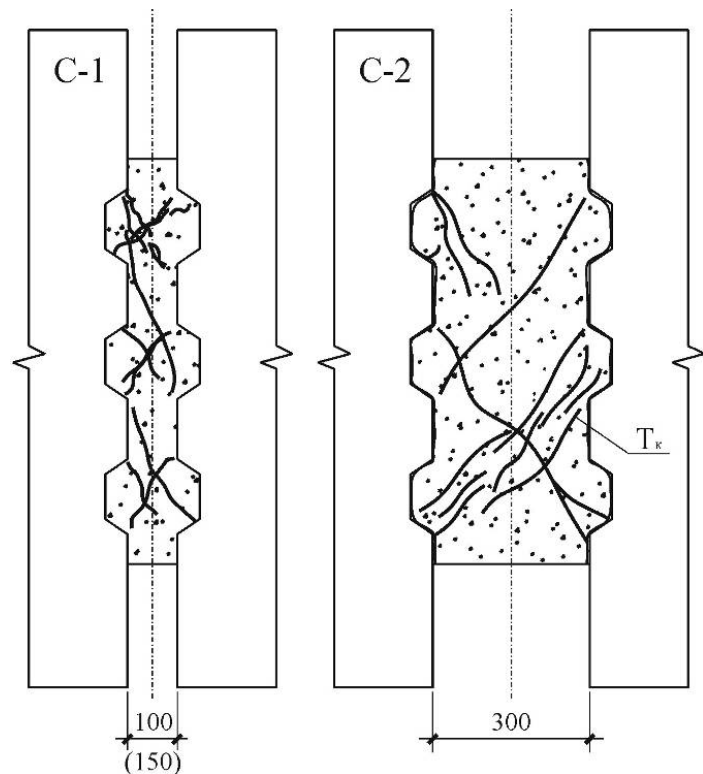


Рисунок 3 – Схемы образования трещин и разрушения шпоночных стыковых соединений стен

При малых значениях ширины стыка указанные трещины делятся на два вида, условно говоря, на укороченные и удлиненные. Укороченные наклонные

трещины располагаются в пределах одной шпонки, удлиненные – в пределах двух соседних шпонок. При увеличении ширины стыка изменяется характер трещинообразования и схема разрушения – не образуются укороченные наклонные трещины и удлиняются удлиненные, располагаясь в пределах трех соседних шпонок. Имеет место отслоение шпоночного стыка от граней стен, раздавливание бетона в опорных зонах полос, образование серии прерывистых трещин внутри нагельных полос, характерных для разрушения сжатого бетона. Нагельные полосы бетона располагаются между наклонными гранями шпонок в пределах одной, двух и трех соседних шпоночных зон. Кроме того, имеет место образование серии прерывистых трещин, характерных для разрушения сжатого бетона внутри нагельных полос.

Нагельные полосы бетоны, по сути, можно считать расчетными, т.к. выше описанные схемы разрушений стыков, сопровождаются активным развитием рассмотренных трещин, вписывающихся в контур указанных полос (рисунок 3). При знакопеременном действии срезающих усилий, размещение таких полос и траектории трещин принимают крестообразный характер. Нагельные бетонные полосы формируются противоположными наклонными гранями шпонок с углом наклона θ_i . Наглядным подтверждением образования расчетных полос бетона в стыковом соединении стен является концентрация усилий (напряжений) между грузовыми площадками шпонок, показанная на рисунке 4. Приведено два фрагмента испытанных образцов вертикальных стыков стен. На рисунке 4, *а* показан образец после образования наклонных трещин $T_{crc,\tau}$, расположенных в пределах одной шпонки в верхней и нижней частях стыка. В этом случае главную роль в сопротивлении стыка играет быстро формирующаяся нагельная удлиненная полоса, обеспечивающая прочность стыка. Как говорилось выше, она располагается в пределах двух соседних противоположно расположенных шпонок. До образования наклонных укороченных трещин $T_{crc,\tau}$ характер распределения траекторий главных сжимающих напряжений в пределах одной шпонки приведен на фрагменте, показанном на рисунке 4, *б*. Концентрация главных сжимающих напряжений,

по сути, образует нагельную сжатую укороченную полосу бетона, расположенную в пределах одной шпоночной зоны стыка.

а)

б)

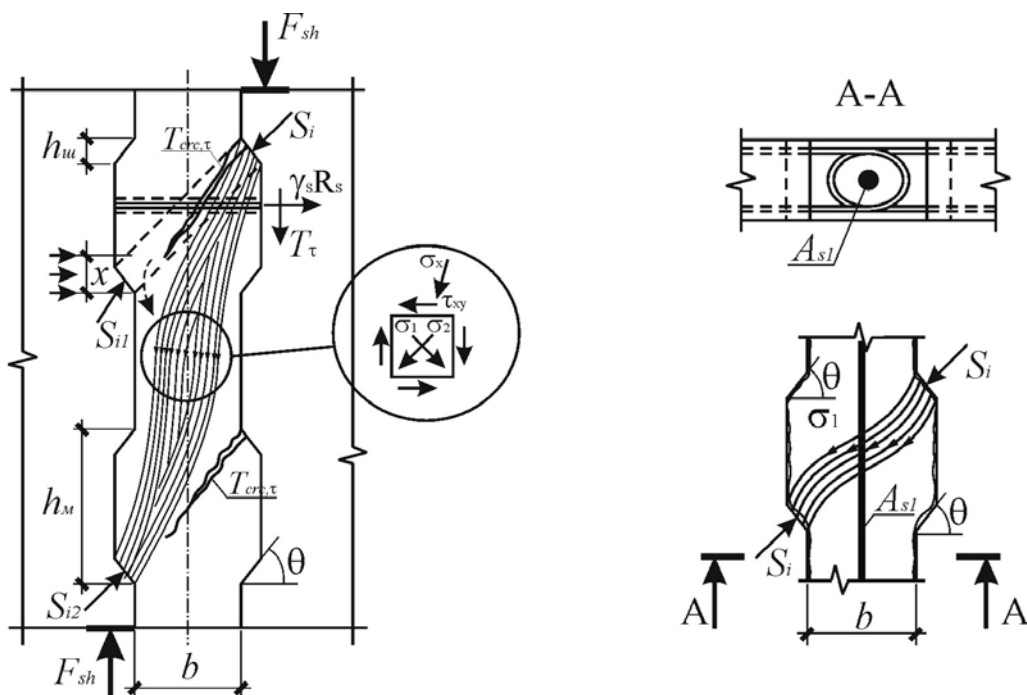


Рисунок 4 – Механика передачи сдвигающих усилий в стыке стен:

а) – схема после образования трещин $T_{cr,τ}$;

б) – схема перед образованием трещин $T_{cr,τ}$ в зоне одной шпонки

Предельное состояние стыков при сдвиге характеризуется двумя видами гармонически связанных напряженных состояний. В первом случае величина сжимающих напряжений в нагельных полосах достигает предельных значений – $\gamma_b R_b$, во втором величина касательных напряжений достигает предельных напряжений – $\gamma_{bt} R_{bt}$ (рисунок 5).

Эпюра сжимающих усилий в поперечном сечении расчетных полос имеет равномерно распределенный характер. Касательные напряжения в диагональных сечениях расчетных полос распределяются по самоуравновешенной эпюре параболического очертания. Распорные усилия в стыке воспринимаются горизонтальной арматурой (рисунок 4). Таким образом, укороченные и удлиненные наклонные трещины представляют собой

диагональный срез сжатых распорок. Величины предельных напряжений в том и другом случае определяются по критериям прочности бетона при действии нормальных и касательных напряжений.

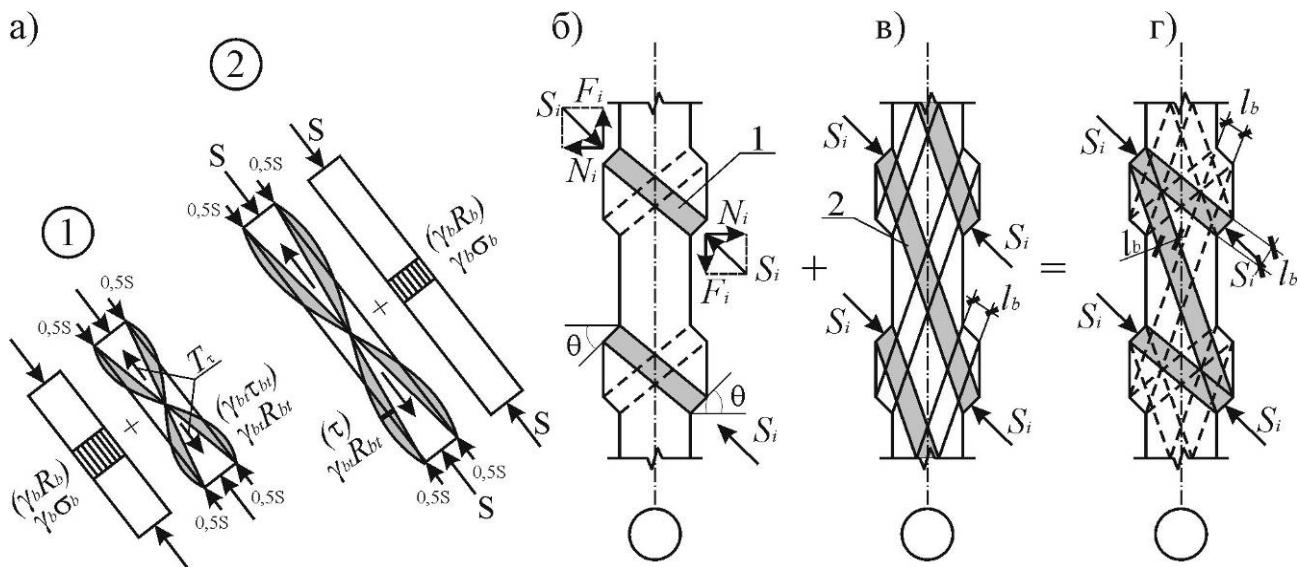


Рисунок 5 – Схема построения модуля аналоговой каркасно-стержневой модели (АКСМ) стыка стен

- а) – фрагменты сжатых нагельных полос; б) – схема расположения сжатых наклонных полос бетона внутри шпонки; в) – то же внутри соседних шпонок;
- г) – суммарная схема расположения расчетных бетонных полос стыка

Выявленное напряженно-деформированное состояние стыка предлагается моделировать стержневой системой, показанной на рисунке 6. Принцип ее построения заключается в выборе грузовых и опорных площадок, которыми являются наклонные грани шпонок, передающие и воспринимающие усилия S_i . Наклонные стержни модели имитируют нагельные сжатые полосы бетона. Такая модель позволяет определить величины усилий, действующих в расчетных элементах шпоночных стыков. Узлы сопряжения стержневой модели условно принимаются шарнирными.

Предлагаемые аналоговые стержневые (АСМ) и каркасно-стержневые (АКСМ) модели с необходимой точностью описывают физическую работу шпоночных стыков стен при сдвиге, учитывают закономерности изменения

прочности стыков при изменении изученных факторов, в том числе угла наклона θ граней шпонок и толщины шва.

Поскольку главным механизмом рассредоточения энергии в стеновых конструкциях являются стыки, следовательно, их расчет и конструирование должны быть соподчинены указанной функции, и стыки должны иметь пластический характер работы при условии обеспечения их прочности при сдвиге. В частности, угол наклона грани шпонок должен быть не более 10° , глубина и длина шпонок – не менее 25 мм и 50 см, соответственно. Другие требования будут определяться по мере проведения дальнейших исследований.

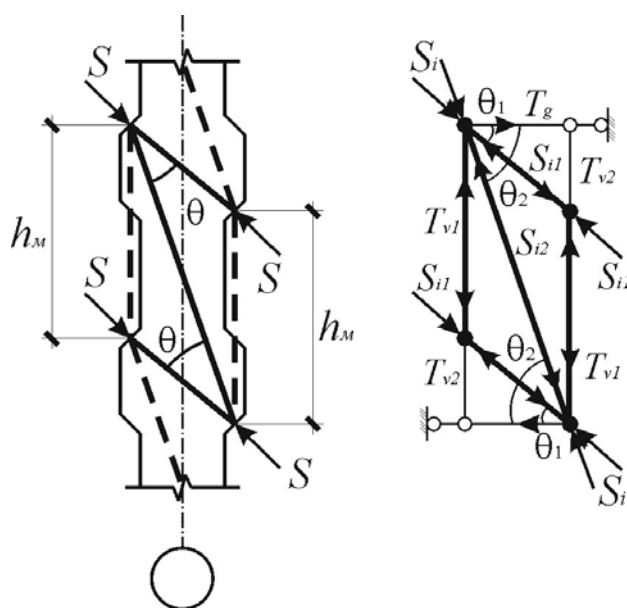


Рисунок 6 – Схема построения модуля аналоговой стержневой модели (АСМ) стыка стен

Библиографический список:

1. Железобетонные стены сейсмостойких зданий. Исследования и основы проектирования / Ашкинадзе Г.Н., Соколов М.Е., Мартынова Л.Д. и др.; под ред. Г.Н. Ашкинадзе, М.Е. Соколова. М.: Стройиздат, 1988. 504 с.
2. Баранова Т.И., Куликов И.М., Васильев Р.Р. Аналоговые расчетные модели многослойных стеновых панелей: монография. Пенза, 2002. 299 с.
3. Баранова Т.И., Артюшин Д.В., Александров Е.Н. Нормативный метод расчета шпоночных вертикальных стыков стен многоэтажных зданий на основе

каркасно-стержневых моделей // Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства: сб. статей III Международной научно-практической конференции. М.: МИКХиС, 2005.

4. Артюшин Д.В. Разработка методики расчета и конструирования монолитных узлов сопряжения железобетонных конструкций на основе аналоговых каркасно-стержневых моделей для развития комплекса Сводов Правил и Норм нового поколения // Непрерывное архитектурно-строительное образование как фактор обеспечения качества среды жизнедеятельности: труды общего собрания РААСН. 2005.