

УДК 624.042.1

**МЕТОД РАСЧЕТА СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ  
ПЕРЕКРЫТИЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ  
АНАЛОГОВЫХ СТЕРЖНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ**

***Артюшин Дмитрий Викторович,***

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

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».*

***Коновалов Павел Владимирович,***

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

*магистрант.*

***Сычева Анастасия Михайловна,***

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

*магистрант.*

**Аннотация**

Статья посвящена решению задачи проектирования стыковых соединений элементов дисков межэтажных перекрытий высотных зданий. Приведены данные натурных испытаний шпоночных стыков плит сборно-монолитных перекрытий. Выявлены особенности образования и развития трещин, а также характерные схемы разрушения исследуемых соединений. Предложены расчетные модели и метод расчета шпоночных стыковых соединений элементов перекрытий при действии сдвигающих усилий.

**Ключевые слова:** шпоночные стыки элементов перекрытий, экспериментальные исследования, стержневая и каркасно-стержневая модели, расчетные усилия, метод расчета.

**METHOD OF CALCULATION OF PRECAST-MONOLITHIC  
OVERLAPPINGS OF FRAME BUILDINGS  
BASED ON OF ANALOG ROD MODELS**

***Artyushin Dmitriy Viktorovich,***

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

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

***Konovalov Pavel Vladimirovich,***

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

*undergraduate.*

***Sycheva Anastasia Mikhailovna,***

*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 elements of disks of interfloor overlappings of high-rise buildings. Data of natural tests the spline joints of plates of precast-monolithic overlappings are provided. Features of formation and development of cracks and also characteristic schemes of destruction of the studied connections are revealed. Settlement models and method of calculation the spline butt connections of elements of overlappings at action of the shifting efforts are offered.

**Keywords:** spline joints of elements of overlappings, experimental researches, rod and frame-rod models, settlement efforts, method of calculation.

С развитием строительства высотных каркасных зданий сопротивление сдвигу элементов дисков межэтажных сборно-монолитных перекрытий действию горизонтальных сил приобретает решающий характер. При этом

особенно важным является обеспечение совместной работы несущих элементов в стыковых соединениях элементов.

Одна из основных проблем проектирования стыковых соединений элементов перекрытий заключается в отсутствии современных совершенных методов расчета, обеспечивающих точность расчета прочности и деформативности указанных стыков. Используемые при проектировании существующие методы расчета основываются на эмпирическом подходе к оценке прочности стыков при действии усилий сдвига и не учитывают влияние многих основных факторов, например, таких как угол наклона граней шпонок, толщина шва и др. Таким образом, наиболее важным представляется изучение механизмов деформирования стыковых сопряжений и совершенствование методов их расчета с учетом нелинейности деформаций.

Опыт исследовательской работы железобетонных конструкций на основе теории расчета коротких элементов (элементов с соизмеримыми соотношениями высоты и длины), разработанной в ПГУАС [1-8], показал, что наиболее прогрессивным подходом к совершенствованию методов расчета сборно-монолитных узлов и стыков панелей перекрытий является использование аналоговых стержневых и каркасно-стержневых моделей. Следует отметить, что метод расчета коротких элементов, базирующийся на указанных расчетных моделях, включен в СНиП 52-01-2003 и в настоящее время активно развивается с учетом изменения напряженно-деформированного состояния в различных конструкциях.

В данной статье анализируются результаты экспериментально-аналитических исследований шпоночных стыков плит сборно-монолитных перекрытий многоэтажных зданий при действии сдвигающих усилий, проведенных в Армении в НИИ архитектуры и строительства и на кафедре строительных конструкций ПГУАС.

Проведена серия экспериментальных исследований работы фрагментов дисков сборно-монолитных перекрытий на действие горизонтальных

нагрузок [9]. Испытания проводились по схеме, аналогичной испытаниям балок-стенок. Пустотные стволы плит с арматурным стержнем  $\varnothing 8A-III$  замоноличивались мелкозернистым бетоном класса В40. В приопорных участках плит по всей длине фрагментов устраивались монолитные пояса, объединяющие шпоночные швы. В качестве продольной арматуры применялась арматура  $2\varnothing 14A-III$ . Образцы имели крупномасштабные размеры, выполненные в масштабе 1:2 от натуральных величин. Габаритные размеры фрагментов составляли  $2040 \times 2250$  мм. Каждый опытный фрагмент состоял из трех моделей плит. Нагружение осуществлялось сосредоточенной силой, грузовая площадка которой располагалась в середине пролета средней плиты в плоскости фрагментов, рисунок 1. Расстояние между центрами опорных площадок составляло 1800 мм.

По результатам испытаний было выявлено, что все фрагменты диска перекрытий разрушились по наклонной трещине, расположенной по диагонали сжатых полос между грузовыми и опорными площадками фрагментов с одной стороны, а также между выступами шпонок – с другой, рисунок 1 а; б. Сжатые полосы, в свою очередь, выделялись наклонными граничными трещинами. Особенностью характера образования сжатых полос бетона является то, что их длины и наклон к горизонталям оказались различными. Эти параметры определяются геометрией шпоночных стыков, рисунок 1. Физически наклонные полосы бетона образуются в результате концентрации траекторий главных напряжений.

По аналогии с короткими балками построены аналоговые стержневые (АСМ- $\tau$ ) и каркасно-стержневые (АКСМ- $\tau$ ) модели среза шпоночных узлов соединения плит диска перекрытий, рисунок 1.

Срез шпоночных швов перекрытий представляет собой срез сжатых полос (подкосов) бетона, сформировавшихся между опорными площадками шпонок и грузовыми площадками нагружения. Предельным состоянием при

срезе является достижение касательными напряжениями предельных значений, т.е. когда  $\tau = \gamma_{\tau} R_{bt}$ .

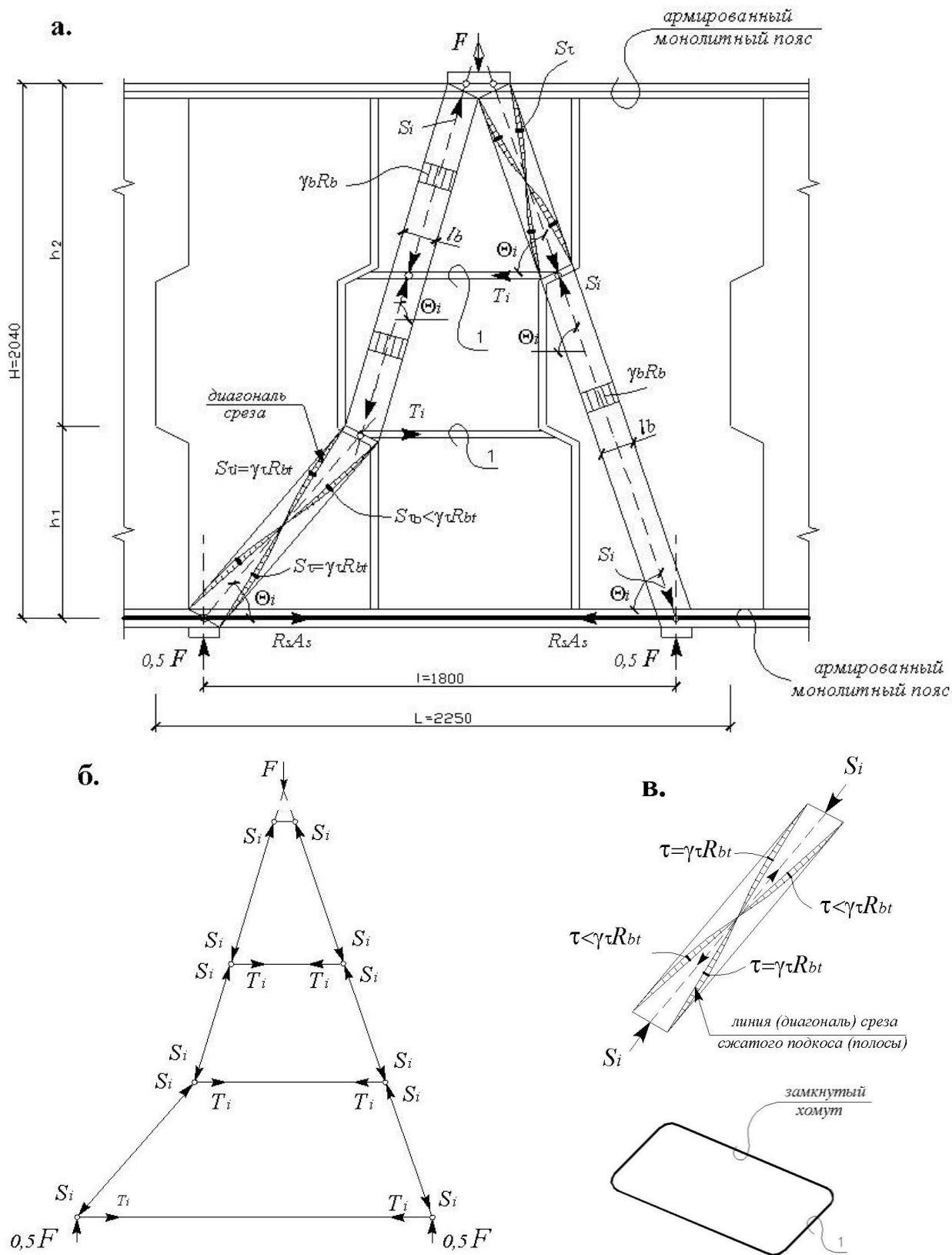


Рисунок 1 – Фрагмент диска сборно-монолитного перекрытия из трех плит со шпоночными стыками:

- а – аналоговая каркасно-стержневая модель среза шпоночных стыков;
- б – аналоговая стержневая модель шпоночного стыка перекрытий АСМ-τ;
- в – фрагмент аналоговой каркасно-стержневой модели среза шпоночного стыка сборно-монолитных перекрытий

В связи с тем, что длины диагоналей сжатых подкосов в каркасно-стержневой модели среза АКСМ-τ имеют различное значение, то физически срез происходит по короткой диагонали в последнюю секунду разрушения. Условие среза имеет следующий вид:

$$S_i \leq \gamma_\tau R_{bt} A_\tau + \gamma_\tau \sigma_{bt} A_\tau,$$

где  $S_i$  – усилие среза от расчетных нагрузок;  $\gamma_\tau R_{bt}$  – предельное значение напряжений среза;  $A_\tau$  – площадь поперечного сечения среза сжатой наклонной полосы в сечении по короткой диагонали;  $\gamma_\tau \sigma_{bt}$  – напряжения среза в сечении по «длинной» диагонали сжатых срезаемых подкосов модели АКСМ-τ (понятие «длинная» диагональ сжатого подкоса модели АКСМ-τ» является условным и означает, что эта диагональ проходит по сечению сжатой полосы и имеет свое продолжение за пределами полосы).

Растяжение в модели АКСМ-τ воспринимается растянутой арматурой продольных монолитных поясов диска перекрытий. Условие прочности по растяжению записывается в виде:

$$T_i \leq \gamma_s R_s A_s,$$

где  $\gamma_s R_s$  – предельное сопротивление в арматуре;  $A_s$  – площадь поперечного сечения арматуры.

Усилия в наклонных сжатых подкосах (полосах), а также усилия в растянутой арматуре определяются из статического расчета аналоговой стержневой модели АСМ-τ и определяются по нижеприведенным формулам:

$$S_\tau = F/\sin\theta_i;$$

$$T_\tau = F/\operatorname{tg}\theta_i.$$

Предлагаемый метод расчета на основе разработанной расчетной каркасно-стержневой модели АКСМ- $\tau$  позволяет с необходимой точностью описывать физическую работу шпоночных стыков плит сборно-монолитных перекрытий и, в целом, хорошо согласуется с результатами натурных испытаний [9].

#### **Библиографический список:**

1. Баранова Т.И., Залесов А.С. Каркасно-стержневые модели и инженерные методы расчета железобетонных конструкций. М.: АСВ, 2003. 240 с.

2. Баранова Т.И., Новиков В.А, Артюшин Д.В. Развитие экспериментальной базы аналоговых моделей узлов сопряжения колонн и балок монолитных каркасов // Вестник Отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук. 2005. №9. С. 67.

3. Баранова Т.И., Попов Д.В. Аналоговые модели сопротивления дисков перекрытий при действии горизонтальных сил // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. статей IV Международной научно-технической конференции; ПГУАС. Пенза, 2005. С. 4-7.

4. Баранова Т.И. Расчетные модели сопротивления срезу сжатых зон железобетонных конструкций. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. 160 с.

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

6. Артюшин Д.В., Шумихина В.А. Экспериментально-аналитические исследования шпоночных вертикальных стыков стен многоэтажных зданий [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №2. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL:

[http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.14/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.14/at_download/file)

7. Артюшин Д.В., Шумихина В.А., Азимова Я.А. Экспериментально-аналитические исследования монолитных узлов сопряжения железобетонных балок [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2016. №3. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.15/at\\_download/file](http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.15/at_download/file)

8. Артюшин Д.В., Шумихина В.А. Экспериментально-аналитические исследования узлов сопряжения трубобетонных конструкций // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4 (29). С. 71-76.

9. Маркосян С.Р. Диски перекрытий новой конструкции и их расчет на горизонтальные нагрузки // Сборник статей научной конференции. Казань, 1989.