

*Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой*

Республика Беларусь, 211440,  
г.Новополоцк, ул. Блохина, д. 29,  
тел.(факс) (8214)50-57-48

**Лазовский Дмитрий Николаевич,**  
доктор технических наук, профессор  
E-mail: d.lazovski@psu.by

*Брестский государственный технический  
университет*

Республика Беларусь, 224017, г.Брест,  
ул. Московская, д. 267,  
тел.(факс) (8016)232-17-27

**Тур Виктор Владимирович,**  
доктор технических наук, профессор  
E-mail: tur.s320@mail.ru

*ООО «Sotera»*

Australia, 4000, Spring Hill, Level 11,  
378/225 Wickham Terrace,  
тел: +61 75562 0022

**Лазовский Андрей Дмитриевич,**  
кандидат технических наук  
E-mail: andrei.lazowski@sotera.com.au

*Euphrosyne Polotskaya State University  
of Polotsk*

Republik of Belarus, 211440,  
Novopolotsk, 29, Blohina St.,  
tel.(fax): (8214)50-57-48

**Lazouski Dzmitry Mikalaevich,**  
Doctor of Sciences, Professor  
E-mail: d.lazovski@psu.by

*Brest state technical university*

Republik of Belarus, 224017,  
Brest, 267, Moskovskaja St.,  
tel.(fax): (8016)232-17-57

**Tur Viktor Uladzimiravich,**  
Doctor of Sciences, Professor  
E-mail: tur.s320@mail.ru

*Sotera Pty Ltd*

Australia, 4000, Spring Hill, Level 11,  
378/225 Wickham Terrace,  
tel: +61 75562 0022

**Lazouski Andrei Dzmitryevich,**  
Candidate of Sciences  
E-mail: andrei.lazowski@sotera.com.au

## ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРИЖАТИЯ НА РАБОТУ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ В ПЛАТФОРМЕННЫХ СТЫКАХ СО СТЕНАМИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Д.Н. Лазовский, В.В. Тур, А.Д. Лазовский

Представлены результаты экспериментально-теоретического исследования влияния давления поперечного прижатия на работу в предельной стадии перед разрушением многопустотных плит перекрытий безопалубочного формования в платформенных стыках со стенами многоэтажных зданий. Установлены стадии работы под нагрузкой плит перекрытий при их защемлении в платформенном стыке и влияние величины давления прижатия на схему их разрушения.

*Ключевые слова: платформенный стык, давление поперечного прижатия, многопустотные плиты перекрытий безопалубочного формования, схема разрушения*

## INFLUENCE OF TRANSVERSE PRESSION ON THE PERFORMANCE OF PRECAST CONCRETE HOLLOW CORE SLABS IN PLATFORM JOINTS WITH THE WALLS OF MULTI-STORY BUILDINGS

D.N. Lazouski, V.V. Tur, A.D. Lazouski

The results of an experimental and theoretical study of the influence of transverse compression pressure on the work at the limiting stage before destruction of hollow-core floor slabs of formless molding at platform joints with the walls of multi-story buildings are presented. The stages of operation under the load of floor slabs when they are pinched in a platform joint and the influence of the magnitude of the pressing pressure on the pattern of their destruction have been established.

*Keywords: platform joint, transverse pressing pressure, hollow-core floor slabs without formwork, destruction scheme*

**Введение.** В последнее время, несмотря на появление новых работ в области сопротивления при сжатии платформенных стыков плит перекрытий со стенами многоэтажных зданий [1–7], недостаточно полно исследовано напряженно-деформированное состояние многопустотных плит перекрытий при изгибе в месте их заземления при опирании на стены (при появлении т.н. непреднамеренного заземления). Кроме того, в получивших широкое применение многопустотных предварительно напряженных плитах перекрытий безопалубочного формования на длинных стенах исключены местное продольное армирование верхней полки в виде сеток, установка поперечной арматуры, строповочных петель, других закладных деталей, как это предусматривает агрегатно-поточная технология их изготовления. Плиты безопалубочного формования армированы в нижней и верхней зонах продольной напрягаемой арматурой в виде высокопрочной проволоки или канатов.

Особенностью работы плит перекрытий в составе платформенных стыков является появление в местах опирания изгибающих моментов, величина которых зависит от степени их заземления (поперечного прижатия) и конструктивного армирования при их работе на изгиб. Появление трещин нормального отрыва в месте платформенного стыка в многопустотных плитах безопалубочного формования без поперечного армирования свидетельствует об опасности разрушения от среза [1, 8]. При изгибе после образования трещины нормального отрыва в месте платформенного стыка от действия опорного изгибающего момента верхняя предварительно напряженная арматура работает с пониженным сопротивлением, так как минимальная длина площадки опирания в плитах безопалубочного формования равна 80...120 мм, а расчетная длина зоны передачи напряжений для арматурных канатов и высокопрочной проволоки равна соответственно 500 мм и 330 мм (в зависимости от диаметра напрягаемого элемента) [9–12]. При этом величина поперечного прижатия опорной зоны плит перекрытий в составе платформенных стыков варьируется в широких пределах в зависимости от этажа многоэтажного здания.

Целью настоящего исследования является установление влияния величины поперечного прижатия на работу при изгибе железобетонных многопустотных плит перекрытий безопалубочного формования в платформенных стыках со стенами многоэтажных зданий.

Для достижения поставленной цели было предусмотрено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плит перекрытий в составе платформенного стыка и испытание в натуральную величину многопустотных плит перекрытий с варьированием величины поперечного прижатия в платформенном стыке.

**Моделирование работы платформенных стыков.** Для получения картины распределения нормальных напряжений в многопустотной плите при действии поперечного прижатия использовалась плоская конечно-элементная модель платформенного стыка, созданная в ПК SCAD (рис. 1), а для учета влияния контактных соединений на перераспределение усилий в многопустотных панелях перекрытия и стеновых панелях – объемная модель в программе ANSYS (рис. 2).

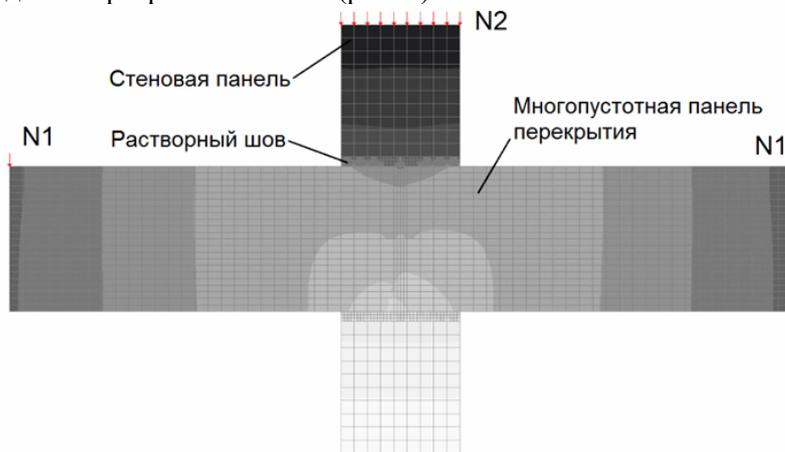


Рис. 1. Распределение нормальных напряжений в зоне платформенного стыка при действии вертикального прижатия стеновой панели

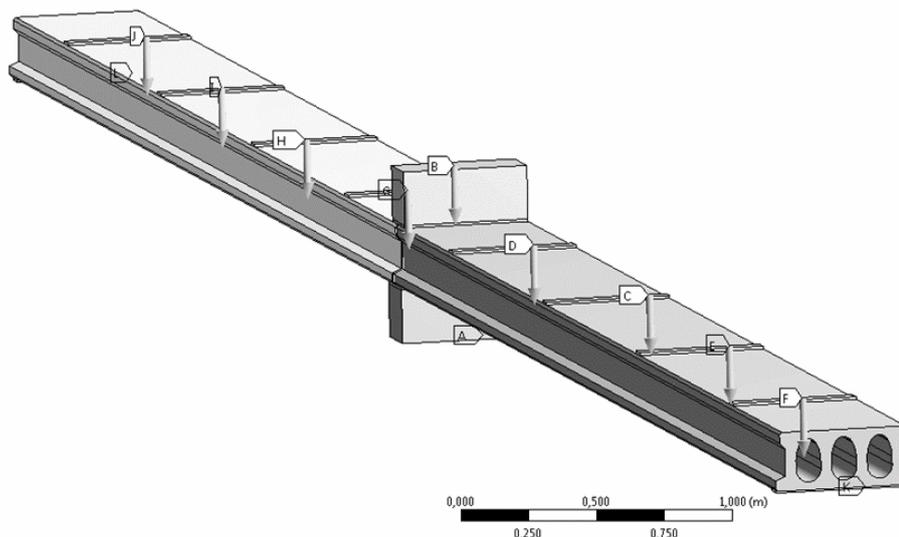


Рис. 2. Объемная модель плит перекрытий с платформенным стыком

В результате компьютерного моделирования установлено наличие поперечного давления в зонах анкеровки верхней и нижней предварительно напряженной арматуры плит в платформенном стыке (см. рис. 1), что должно положительно сказаться на их сопротивлении в расчетном поперечном сечении после образования трещин нормального отрыва от действия опорного изгибающего момента. При объемном моделировании варьировали толщину и прочность горизонтальных швов, наличие вертикального шва и усилие поперечного прижатия от верхних этажей. В результате была получена схема разрушения плит от действия опорного изгибающего момента при их защемлении в платформенном стыке (рис. 3).

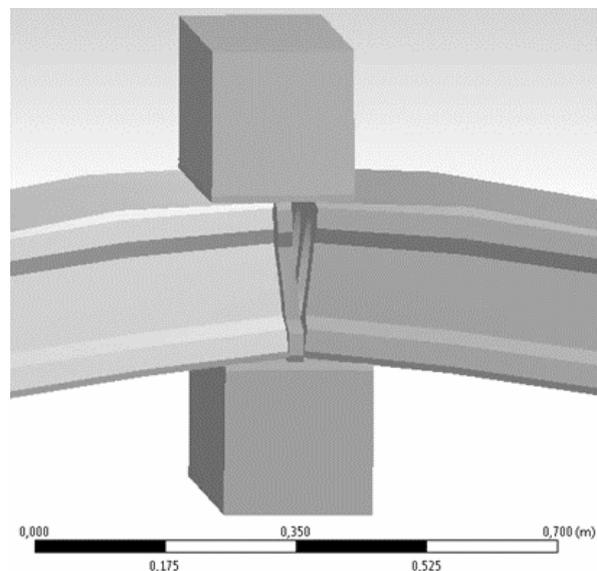


Рис. 3. Схема разрушения многопустотных плит в платформенном стыке

**Экспериментальные исследования.** Для получения экспериментальных данных степени защемления многопустотных плит перекрытий в платформенном стыке и влияния поперечного прижатия в нем на характер их разрушения были испытаны до разрушения два фрагмента перекрытия в составе платформенных стыков.

Многопустотные предварительно напряженные плиты безопалубочного формирования имели длину 5980 мм и были армированы высокопрочной проволокой диаметром 5 мм [9, 13], одним концом опирались на вертикальные элементы в платформенном стыке (моделирующие несущие стены), а другим концом – на стальные плас-

тины с динамометрами. Горизонтальные толщиной 10 мм и вертикальный шириной 20 мм швы выполнялись цементно-песчаным раствором марки М50.

В экспериментальном исследовании варьировалась величина вертикального прижатия плит в платформенном стыке, имитирующая нагрузку от вышерасположенных этажей здания. Было принято два значения вертикального прижатия, которые характеризовали минимальное (0,3 МПа) и максимальное (2 МПа) давление прижатия стыка, характерное соответственно для верхних и нижних этажей многоэтажных зданий.

Нагружение железобетонного перекрытия из многопустотных плит безопалубочного формования с платформенным стыком на смежной опоре проводилось по неразрезной балочной схеме. Нагрузка прикладывалась автоматической насосной станцией (для поддержания заданного усилия) с помощью гидравлических домкратов. Она прикладывалась сосредоточенно: в пролетах – в четырех местах каждой плиты, на смежной опоре – одним домкратом через бетонный фрагмент, имитирующий верхний участок стены. Общий вид испытания представлен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид испытания многопустотных плит перекрытий с платформенным стыком на промежуточной опоре

У фрагмента перекрытия ПФ-1 с давлением вертикального прижатия 0,3 МПа происходило скалывание верхнего ребра плит при их повороте от действия пары сил (рис. 5). В процессе испытания автоматической насосной станцией давление вертикального прижатия поддерживалось на заданном уровне.

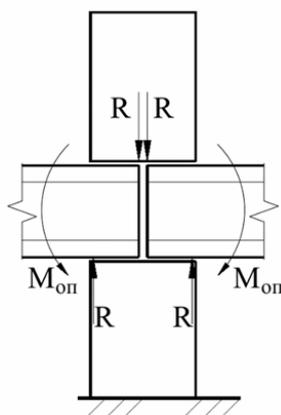


Рис. 5. Схема внутренних усилий в плитах перекрытий в зоне платформенного стыка

Следует отметить, что из-за более высокой прочности бетона верхнего фрагмента стеновой панели ее раскалывание по направлению действия вертикальных усилий, передающихся от торцевых ребер плит при их повороте под нагрузкой, не происходило, как это наблюдалось в случае кирпичных стен в испытаниях [1]. При дальнейшем нагружении после скалывания торцевых ребер плит величины опорных реакций на свободных опорах и сопоставление их с пролетной нагрузкой свидетельствуют о наличии отрицательного изгибающего момента в плитах в зоне платформенного стыка вплоть до разрушения (рис. 6).

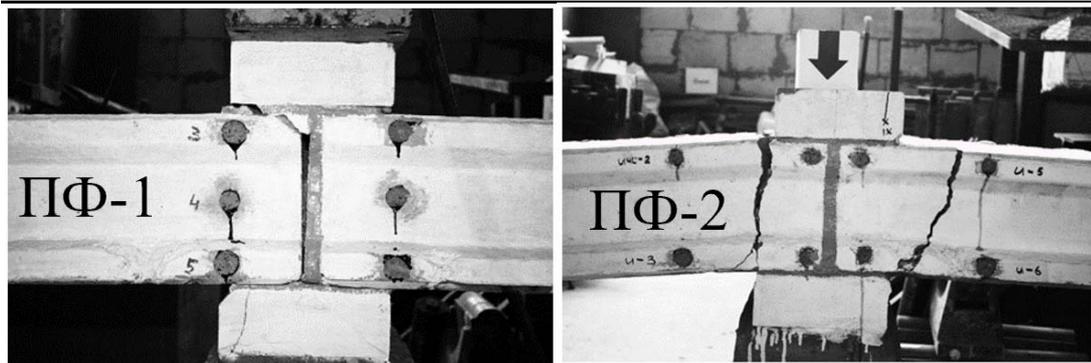


Рис. 6. Общий вид платформенных стыков фрагментов ПФ-1 и ПФ-2 после испытаний

У фрагмента перекрытия ПФ-2 с более высоким давлением вертикального прижатия (2 МПа) усилия прижатия от верхнего фрагмента стеновой панели и вертикальной опорной реакции от плиты распределялись равномерно по ее площадке опирания на нижний фрагмент стеновой панели.

В процессе увеличения нагрузки вблизи грани опоры в многопустотных плитах появлялись трещины нормального отрыва, которые оставались единственными вблизи платформенного стыка вплоть до разрушения (см. рис. 6). После возникновения трещин нормального отрыва в зоне платформенного стыка ПФ-2 при дальнейшем нагружении вплоть до разрушения в многопустотных плитах измеренные реакции на свободных опорах, также как и у фрагмента перекрытия ПФ-1, были меньше, чем предполагало свободное опирание плит на опорах (разрезная схема), что свидетельствовало о наличии отрицательного изгибающего момента.

Учитывая большое раскрытие трещин нормального отрыва по граням опоры (в среднем 16 мм) и глубину их распространения по высоте поперечного сечения плит, отмечаем, что в работе по восприятию опорного изгибающего момента кроме верхней арматуры принимает участие и нижняя арматура, которую пересекает трещина нормального отрыва (рис. 7). При этом раскрытие критических трещин происходит в результате выдергивания проволочной арматуры из бетона концевых участков плит, заземленных в платформенном стыке, а также взаимного смещения арматуры и бетонного блока с другой стороны трещин. Степень участия нижней арматуры в работе на растяжение определяется раскрытием трещин нормального отрыва на уровне ее центра тяжести.

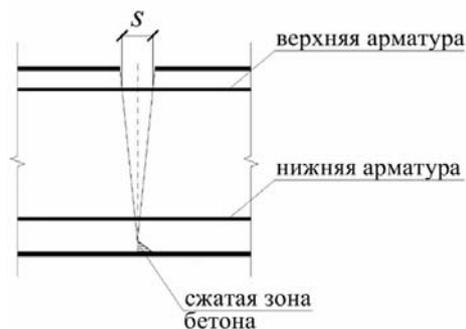


Рис. 7. Схема работы на растяжение верхней и нижней арматуры плит в зоне действия опорных изгибающих моментов

Экспериментальные зависимости «изгибающий момент – угол поворота» свидетельствуют о наличии двух стадий работы платформенного стыка: I – до скалывания углов плит и нижних стеновых панелей (ПФ-1), а также до образования критических трещин нормального отрыва по грани опоры (ПФ-2), для которой характерно упругое деформирование в виде поворота плит вблизи платформенных стыков; II – после скалывания углов плит и стеновых панелей (ПФ-1) и после образования критических трещин нормального отрыва по грани опоры (ПФ-2), в которой наблюдается увели-

чение угла поворота при незначительном увеличении опорного момента (пластическое деформирование в виде поворота плит) (рис. 8).

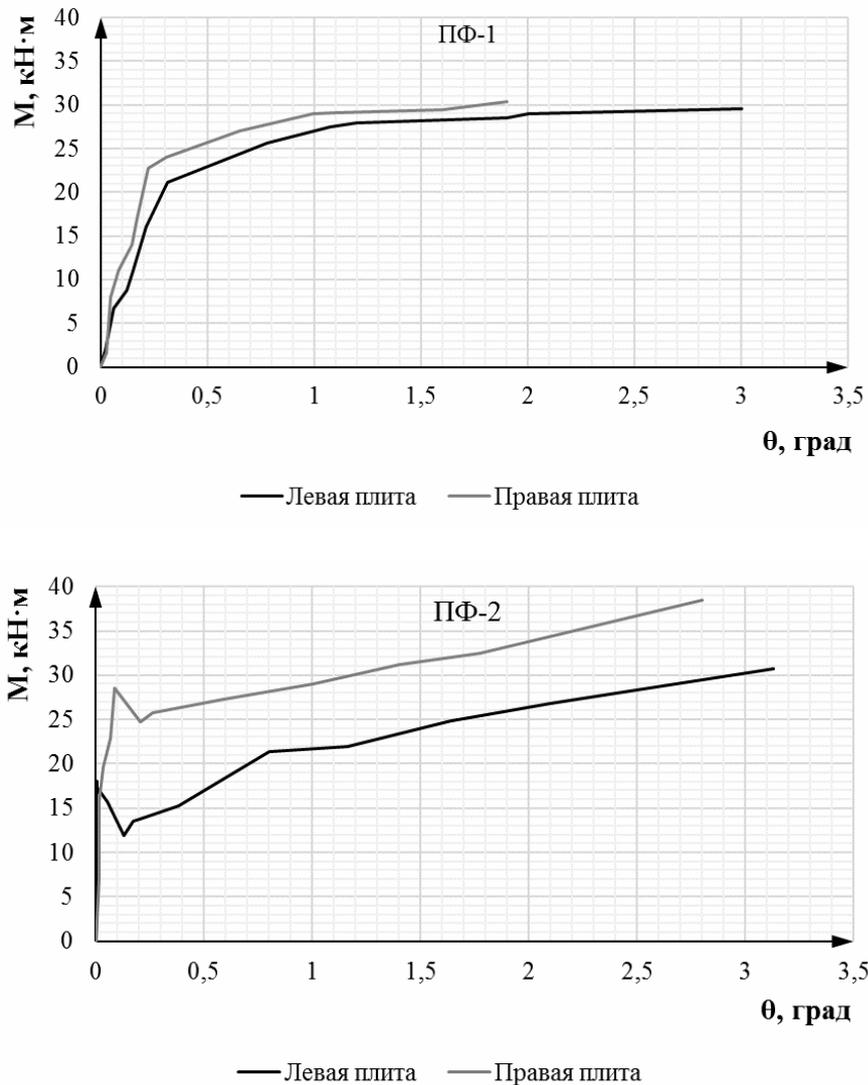


Рис. 8. Графики зависимостей «изгибающий момент – угол поворота» для платформенных стыков ПФ-1 и ПФ-2

Распределение изгибающих моментов по длине плит фрагментов ПФ-1 и ПФ-2 свидетельствует о частичном защемлении плит перекрытия в платформенном стыке (рис. 9).

Следует отметить, что величина давления вертикального прижатия изменяет характер разрушения плит в зоне платформенного стыка, но незначительно сказывается на степени их защемления (опорном изгибающем моменте в сравнении с жесткой заделкой  $M_{\text{exp}}/M_{\text{жест}}$ ): ПФ-1  $30/45,8=0,66$ ; ПФ-2  $34,56/45,8=0,75$ . При этом поперечное прижатие зоны анкеровки верхней и нижней предварительно напряженной арматуры плит перекрытий увеличивает ее сопротивление в критической трещине нормального отрыва [13, 14]. Это положительно влияет на оценку живучести перекрытий многоэтажных зданий.

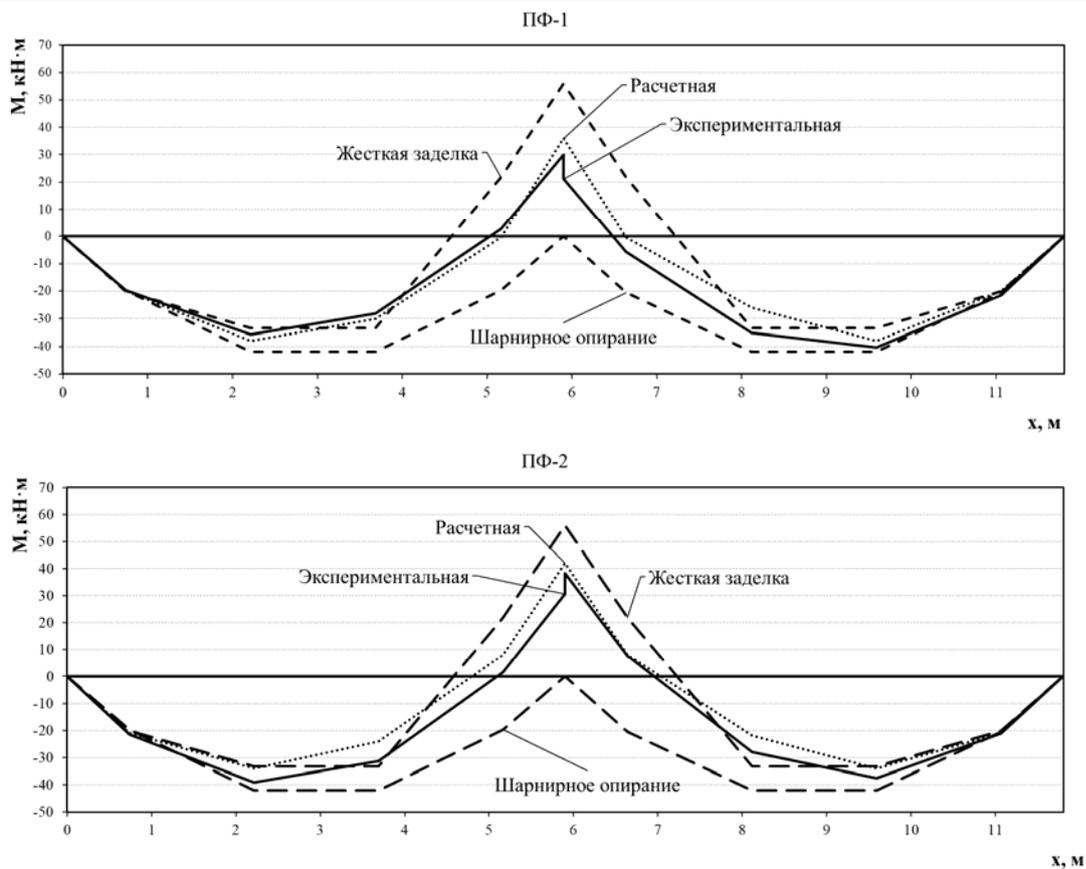


Рис. 9. Распределение изгибающих моментов в плитах перекрытий фрагментов ПФ-1 и ПФ-2

**Выводы.** Характер разрушения при изгибе сборных предварительно напряженных многопустотных плит безопалубочного формования с платформенными стыками многоэтажных зданий подтверждает его зависимость от величины давления вертикального прижатия.

Поперечное давление прижатия в зонах анкерования верхней и нижней предварительно напряженной арматуры плит в платформенном стыке повышает их сопротивление в расчетном поперечном сечении после образования трещин нормального отрыва при действии опорного изгибающего момента.

Экспериментально установлены две стадии работы плит перекрытий в зоне платформенного стыка: упругая и пластическая при отсутствии признаков хрупкого разрушения от среза и потери анкерования предварительно напряженной арматуры многопустотных плит безопалубочного формования.

#### Список литературы

1. Крамарь, В.Г. Прочность узлов сопряжения преднапряженных многопустотных панелей перекрытий со стенами / В.Г. Крамарь, А.Я. Эпп, К.М. Арзумян, Н.А. Панков // The Ninth International Congress Of The FIP. – Москва, 1982. – 19 с.
2. Ключева, Н.В. Жилые и общественные здания из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального производства / Н.В. Ключева, В.И. Колчунов, Д.А. Рыпаков, А.С. Бухтиярова // Жилищное строительство. – 2015. – №5. – С.69–75.
3. Савин, С.Ю. Анализ живучести сборно-монолитных каркасов многоэтажных зданий из железобетонных панельно-рамных элементов при аварийных воздействиях, вызванных потерей устойчивости одной из колонн / С.Ю. Савин, Н.В. Федорова, С.Г. Емельянов // Жилищное строительство. – 2018. – № 12. – С. 3–7.
4. Колчунов, В.И. Прочность и деформативность сборно-монолитных платформенных стыков панельных зданий / В.И. Колчунов, Д.В. Мартыненко. –

DOI 10.33979/2073-7416-2019-82-2-26-34 // Строительство и реконструкция. – 2019. – № 2(82). – С. 26–34.

5. Колчунов, В.И. Деформирование и трещинообразование конструкции платформенного стыка в сборно-монолитном каркасе здания / В.И. Колчунов, Д.В. Мартыненко. – DOI 10.33979/2073-7416-2020-90-4-38-47 // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 4(90). – С. 38–47.

6. Патент ВУ 10938 МПК E04B1/61. Платформенный сборно-монолитный стык / Тур В.В., Лазовский А.Д. (ВУ); Полоцкий государственный университет. – Номер заявки u20150295; Заявл. 21.08.2015; Опубл. 21.0.2015.

7. Патент 2589779 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Платформенный сборно-монолитный стык / Колчунов В.И., Ключева Н.В., Филатова С.А., Мартыненко Д.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Юго-Западный Государственный Университет». – №2015113471/03 заявл. 13.04.2015; опубл. 10.07.2016, Бюл. №19. – 7 с.

8. Амгалан, Э. Прочность опорных зон многпустотных плит перекрытий, изготовленных по резательной технологии, в платформенных стыках крупнопанельных зданий / Э. Амгалан // Дни студенческой науки: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ (Москва, 02–05 марта 2020 года). – Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – С. 332–334.

9. Плиты железобетонные многпустотные предварительно напряженные безопалубочного формования на оборудовании «Вибропресс» (Россия) для перекрытий и покрытий жилых, общественных и производственных зданий: Серия Б1.041.1-5.10 / Ин-т НИПТИС им. С.С. Атаева.

10. Тур, В.В. Проектирование сборных перекрытий их плит пустотного настила безопалубочного формования в свете зарубежных норм / В.В. Тур, Т.М. Пецольд, А.В. Щербач // Строительная наука и техника. – Минск, 2010. – №1-2. – С.15–24.

11. Белевич, В.Н. Прочность многпустотных плит «Weiler italia», заземленных в бетонной стене / В.Н. Белевич // Проблемы современного бетона и железобетона: сборник трудов: в 2 частях. Ч.1. Бетонные и железобетонные конструкции. – Минск: Минсктиппроект, 2009. – С. 97.

12. Лазовский, А.Д. Экспериментальное исследование платформенного стыка многпустотных плит безопалубочного формования / А.Д. Лазовский // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: Сборник научных статей XIX Международного научно-методического семинара: в 3 частях, Брест, 23–25 октября 2014 года. Часть I. – Брест: Брестский государственный технический университет, 2014. – С. 111–115.

13. Лазовский, А.Д. Соппротивление изгибу многпустотных плит перекрытий безопалубочного формования в составе платформенных стыков зданий: автореферат диссертации кандидата технических наук : 05.23.01 : защищена – 4.07.17 : утверждена 15.10.17 / Андрей Дмитриевич Лазовский. – Брест, 2017. – 27 с.

14. Лазовский, Д. Н. Влияние поперечного давления на сцепление предварительно напряженной проволочной арматуры с бетоном многпустотных плит / Д.Н. Лазовский, А.Д. Лазовский // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2024. №1(133). – С. 95–99.

## References

1. Kramar, V.G. Strength of joints between prestressed hollow-core floor panels and walls / V.G. Kramar, A.Ya. Epp, K.M. Arzumanyan, N.A. Pankov // The Ninth International Congress Of The FIP. – Moscow, 1982. – 19 p.

2. Klyueva, N.V. Residential and public buildings made of reinforced concrete panel-frame elements of industrial production / N.V. Klyueva, V.I. Kolchunov, D.A. Rypakov, A.S. Bukhtiyarova // Housing Construction. – 2015. – No. 5. – P.69–75.

3. Savin, S.Yu. Analysis of the survivability of prefabricated monolithic frames of multi-storey buildings made of reinforced concrete panel-frame elements under emergency impacts

caused by loss of stability of one of the columns / S.Yu. Savin, N.V. Fedorova, S.G. Emelyanov // Housing Construction. – 2018. – No. 12. – P. 3–7.

4. Kolchunov, V.I. Strength and deformability of prefabricated monolithic platform joints of panel buildings / V.I. Kolchunov, D.V. Martynenko. – DOI 10.33979/2073-7416-2019-82-2-26-34 // Construction and reconstruction. – 2019. – No. 2(82). – P. 26–34.

5. Kolchunov, V.I. Deformation and cracking of the platform joint structure in a prefabricated monolithic building frame / V.I. Kolchunov, D.V. Martynenko. – DOI 10.33979/2073-7416-2020-90-4-38-47 // Construction and reconstruction. – 2020. – No. 4(90). – P. 38–47.

6. Patent BY 10938 MPK E04B1/61 Platform prefabricated monolithic joint / Tur V.V., Lazovsky A.D. (BY); Polotsk State univ. – Application number u20150295; I will declare on 08/21/2015; Publ. 21.0.2015.

7. Patent 2589779 Russian Federation, IPC E04B 1/38. Platform prefabricated-monolithic joint / Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Filatova S.A., Martynenko D.V., applicant and patent holder of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Southwestern State University». – No. 2015113471/03 application. 04/13/2015; publ. 07/10/2016, Bulletin. No. 19. – 7 p.

8. Amgalan, E. Strength of support zones of hollow-core floor slabs made using cutting technology in platform joints of large-panel buildings / E. Amgalan // Student Science Days: Collection of reports of a scientific and technical conference on the results of research work of students of the Institute of Construction and Architecture National Research University MGSU (Moscow, March 02–05, 2020). – Moscow: Publishing house MISS – MGSU, 2020. – P. 332-334.

9. Multi-hollow reinforced concrete slabs prestressed without formwork molding using Vibropress equipment (Russia) for floors and coverings of residential, public and industrial buildings: Series B1.041.1-5.10 / Institute NIPTIS im. S. S. Ataeva.

10. Tur, V.V. Design of prefabricated floors and slabs of hollow-core flooring without formwork in the light of foreign standards / V.V. Tur, T.M. Pezold, A.V. Shcherbach // Construction science and technology. – Minsk, 2010. – No. 1–2. – P.15–24.

11. Belevich, V.N. Strength of hollow-core slabs “Weiler italia” clamped in a concrete wall / V.N. Belevich // Problems of modern concrete and reinforced concrete: collection. tr. At 2 p.m. Part 1. Concrete and reinforced concrete structures. – Minsk: Minsktiproekt, 2009. – P. 97.

12. Lazovsky, A.D. Experimental study of the platform joint of multi-hollow slabs without formwork molding / A.D. Lazovsky // Prospective directions of innovative development of construction and training of engineering personnel: Collection of scientific articles of the XIX International Scientific and Methodological Seminar: in 3 parts, Brest, October 23–25, 2014. Part I. – Brest: Brest State Technical University, 2014. – P. 111–115.

13. Lazovsky, A.D. Bending resistance of hollow-core floor slabs of formless molding as part of platform joints of buildings: abstract. dis. ...cand. tech. Sciences: 05.23.01: protected – 4.07.17: approved. 10.15.17 / Andrey Dmitrievich Lazovsky. – Brest, 2017. – 27 p.

14. Lazovsky, D.N. Influence of transverse pressure on the adhesion of prestressed wire reinforcement to concrete of hollow-core slabs / D.N. Lazovsky, A.D. Lazovsky // Bulletin of Brest State Technical University. – 2024. – No. 1(133). – P. 95–99.