

УДК 624.042.6

**Фардиев Р.Ф.** – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: Fardiev@kgasu.ru

**Ашрапов А.Х.** – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: 32116@mail.ru

**Мустафин А.И.** – аспирант, ассистент

E-mail: mustafaiialbert@gmail.com

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### Исследование несущей способности пустотных плит перекрытия при сниженной величине опирания на ригели

#### Аннотация

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований пустотных плит перекрытия непрерывного формования при сниженной величине опирания на ригели перекрытия. Исследования направлены на получение опытных данных по прочности нового узла опирания пустотной плиты непрерывного формования на ригель в сборно-монолитном каркасе «Казань XXI в». В ходе исследований установлено, что при принятом конструктивном решении перекрытие полностью удовлетворяет требованиям норм по прочности, жёсткости и трещиностойкости.

**Ключевые слова:** плита перекрытия, опирание плиты, прочность перекрытия, прогиб плиты.

Пустотные плиты перекрытия широко используются в качестве несущих элементов для зданий с каркасными и стеновыми несущими системами. Надёжность подобного перекрытия определяется качеством изготовления изделий, качеством узлов сопряжения плит с ригелями или несущими стенами, а также условиями эксплуатации. Надёжность узлов сопряжения плит зависит от принятой конструктивной системы, качества выполнения строительно-монтажных работ. Согласно типовым сериям [1, 2] конструкций плит перекрытия величина опирания плит на несущие элементы должна составлять не менее 80÷90 мм при опирания на бетонные конструкции.

В качестве несущей системы в данных исследованиях рассматривается сборно-монолитный каркас «Казань XXI в» [3]. В данном каркасе базовая величина опирания плит перекрытия на ригели принята равной 90 мм [4]. В ходе совершенствования используемых элементов каркаса принято решение по использованию пустотных плит перекрытия непрерывного формования [1] вместо используемых ранее плит опалубочного формования [5]. Данные плиты перекрытия, в отличие от используемых в каркасе «Казань XXI в», имеют строго вертикальные торцы, что вызывает сложности по размещению опорной арматуры монолитных частей ригелей. Поэтому для решения данной проблемы величина опирания плит снижена до 40 мм (рис. 1), а для ряда узлов использовать узел без опирания плит на ригель как в системе «КУБ» [6]

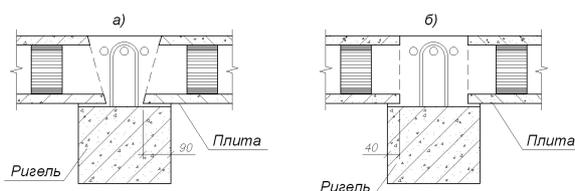


Рис. 1. Опорное сечение плит: а – опалубочного формования; б – непрерывного формования

Поскольку в данном случае имеется отклонение по величине опирания от требуемого для плит непрерывного формования, для обоснования надёжности принятых узлов сопряжения плит с ригелем возникла необходимость проведения экспериментальных исследований.

Целью экспериментальных исследований явилась оценка несущей способности узла опирания плит перекрытий на ригель, а также несущей способности, жесткости и трещиностойкости плит при статическом действии вертикальной равномерно-распределенной нагрузки при сниженной величине опирания плит.

В объем исследований входили следующие задачи:

- разработка узлов сопряжения плит с ригелем перекрытия;
- испытание плит нагружением.

Для проведения контрольных испытаний на заводе ООО «ЗЖБИ-210» были изготовлены и испытаны плиты ПБ 58.12-8-30 типовой серии [1] под расчетную нагрузку 8,0 кПа ( $800 \text{ кгс/м}^2$ ) с габаритами  $5780(L) \times 1197(b) \times 220(h)$  (рис. 2) из тяжелого бетона проектной марки по прочности на сжатие М400. Армирование плит принято в виде  $16\text{Ø}5 \text{ Вр}1400$ .

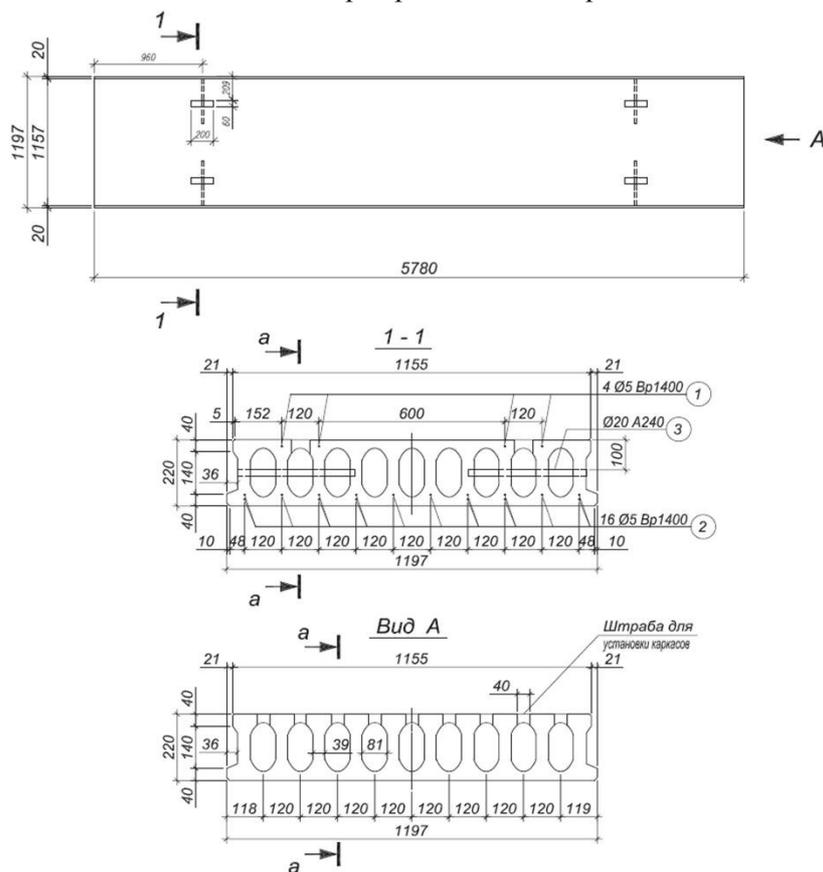


Рис. 2. Опалубочный чертеж плит перекрытия ПБ58.12-8-30

Для проведения испытания использованы три пролёта плит перекрытия с различными схемами опирания (рис. 3). Крайние плиты оперты на шарнирные линейные опоры у крайней опоры, у средней опоры плиты не опираются снизу на ригель, а сопряжение плит с ригелем происходит за счет омоноличивания узла с установкой каркасов в подготовленные штрабы по торцам плит (рис. 3). В качестве шарнирных линейных опор применены стальные катки  $\text{Ø}50$  мм, свободно уложенные между стальными пластинами. На стальные пластины перед установкой на них испытываемой плиты укладывается выравнивающий слой цементно-песчаного раствора. Средние плиты имеют минимальное опирание в 40 мм, а сопряжение плит с ригелем происходит также за счёт омоноличивания.

Для измерения вертикальных перемещений плиты в середине пролёта и в приопорных частях плиты были установлены механические приборы – прогибомеры Аистова 6ПАО с ценой деления 0,1 мм (рис. 4), индикаторы ИЧ с ценой деления 0,01 мм. Появление трещин в плите фиксировалось визуально, а ширину их раскрытия измеряли с помощью микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм.

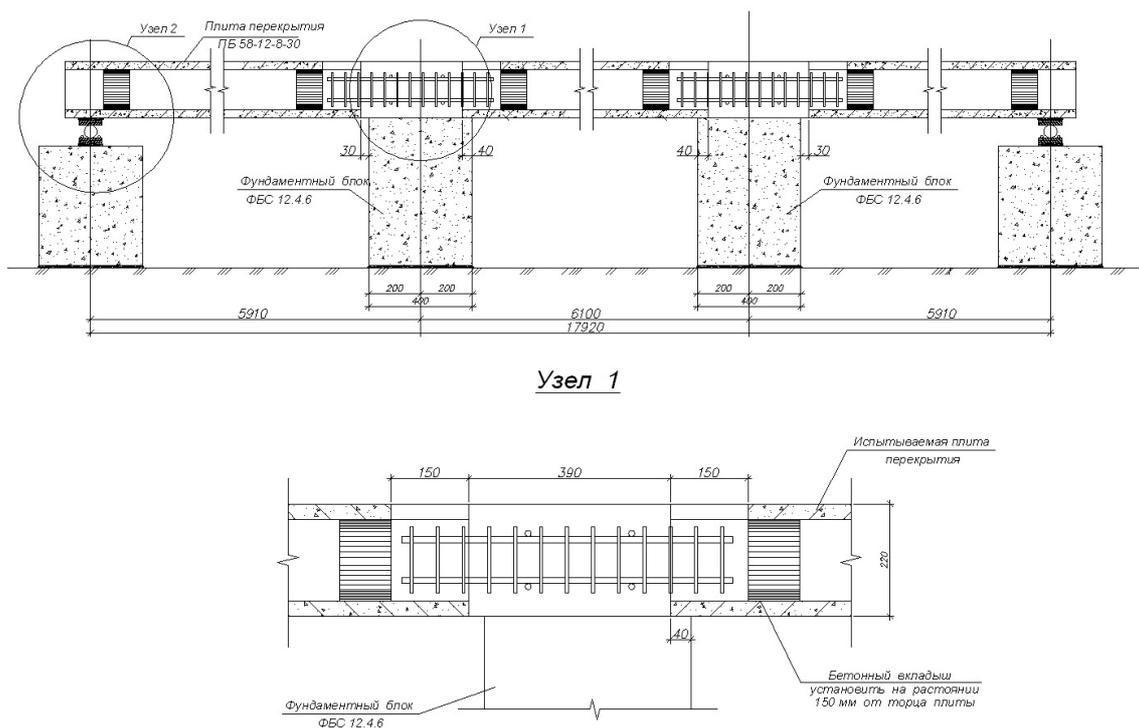


Рис. 3. Схема испытания плит перекрытия

Испытание вертикальной нагрузкой плит проводилось поэтапным нагружением до уровней нагрузок, соответствующих расчетным по первому и второму предельным состояниям по методике, соответствующей ГОСТ 8829-94. Выдержка на этих этапах под нагрузкой составила не менее 30 минут. Вертикальную равномерно-распределенную нагрузку на перекрытие фрагмента создавали штучными грузами в виде фундаментных блоков марки ФБС ступенями, составляющими 0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки. Блоки укладывали равномерно от торцов плиты к середине пролета через деревянные прокладки с зазором 100 мм. На каждой ступени нагружения плиты давалась выдержка 10-15 минут для обследования состояния изделия, снятия показаний по механическим приборам, фиксации и измерения ширины раскрытия трещин. При достижении уровней нагрузки, соответствующих контрольным по жесткости и по прочности, выдержка составляла более 30 минут.

После достижения величины нагрузки, соответствующей контрольной нагрузке по прочности с коэффициентом  $C=1,4$ , фиксация деформаций и перемещений по приборам была прекращена, а контрольно-измерительные приборы были демонтированы и дальнейшее нагружение плиты производили только с контролем величины прикладываемой нагрузки.

Значения контрольных нагрузок (без учета собственного веса плиты) согласно нормам проектирования и испытания приняты равными:

– нормативная.....	670 кгс/м <sup>2</sup> ;
– расчетная.....	800 кгс/м <sup>2</sup> ;
– контрольная по проверке жесткости .....	670 кгс/м <sup>2</sup> ;
– контрольная по проверке трещиностойкости.....	670 кгс/м <sup>2</sup> ;
– контрольная разрушающая ( $C=1,4$ ).....	1261 кгс/м <sup>2</sup> ;
– контрольная разрушающая ( $C=1,6$ ).....	1492 кгс/м <sup>2</sup> .

На день проведения испытания средняя прочность бетона на сжатие образцов-кубиков в узлах сопряжения плит марки ПБ58.12-8п (опытный фрагмент), определенная лабораторией завода, составила 46,1 МПа, что соответствует классу бетона В35 (М450) по ГОСТ 26633-91.



Рис. 4. Измерение прогиба плит прогибомером Аистова БПАО

В результате испытания получены следующие результаты.

1. Несущая способность узла сопряжения плит с ригелем перекрытия обеспечена с более чем 2-х кратным запасом. Разрушение узлов сопряжения не произошло.

2. При действии на плиту перекрытия нагрузки, соответствующей контрольной по проверке жесткости и равной 4481 кг (670 кг/м<sup>2</sup>), после выдержки плиты под этой нагрузкой в течение 30 минут прогиб в середине плиты составил 0,04 мм (рис. 5), что намного меньше предельно допустимого значения, установленного СП 20.13330.2011 и серией [1]:

$$f = 0,04 \text{ мм} < [f] = 1/200l = 5700/200 = 29 \text{ мм} \text{ – по нормам;}$$

$$f = 0,04 \text{ мм} < f_k = 15 \text{ мм} \text{ – по серии.}$$

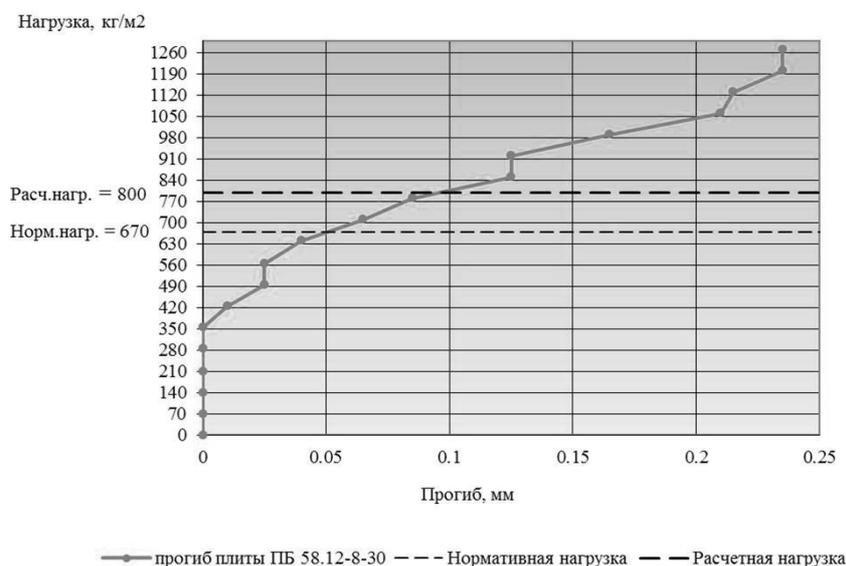


Рис. 5. График зависимости прогиба плиты от нагрузки

3. Трещин при нагрузке, соответствующей контрольной по проверке трещиностойкости и равной 4481 кг (670 кг/м<sup>2</sup>) не обнаружено. Также трещин не обнаружено при нагрузках, близких к разрушающим, что свидетельствует о повышении жесткости и трещиностойкости плит перекрытия, при принятых узлах сопряжения плит с ригелем, более чем в 2 раза.

4. Разрушение плиты произошло при нагрузке 13 720 кг (2051 кг/м<sup>2</sup>) без учета нагрузки от собственного веса плиты от раздробления бетона сжатой зоны (рис. 6). Коэффициент безопасности составил:

$$C = (13720 + 2361) / (5350 + 2361) = 2,09,$$

где 13720 кг – разрушающая нагрузка, приложенная на плиту перекрытия; 7711 кг – расчетная нагрузка на перекрытие с учетом веса плиты перекрытия; 2361 кг – нагрузка от собственной массы плиты перекрытия.



Рис. 6. Разрушение плиты при нагрузке 13720 кг ( $C=2,09$ )

Достигнутая величина  $C=2,09$  превышает требуемый коэффициент безопасности для второго случая разрушения по ГОСТ [3], равный  $C=1,6$ , следовательно требование ГОСТ 8829-94 по прочности выполнено.

Таким образом, результаты испытания до разрушения плиты перекрытия ПБ58.12-8-30 показали, что при принятом конструктивном решении данная плита полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 8829-94 и СП 52-102-2004 по прочности, жёсткости и трещиностойкости.

#### Список библиографических ссылок

1. Серия 15/09-1. Плиты перекрытий железобетонные многопустотные предварительно напряженные стенового безопалубочного формования, армированные высокопрочной проволокой класса Вр1400, шириной 1,2 м, высотой сечения 220 мм. ООО «Научно-производственный центр «Стройтех». – Самара, 2009. – 105 с.
2. Серия 1.020-1/87. Конструкции каркаса межвидового применения для многоэтажных общественных зданий, производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий. Выпуск 0-0. Общие указания. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР. 1990. – 57 с.
3. Серия 1.141-1. Выпуск 63. Панели перекрытий железобетонные многопустотные. Рабочие чертежи: ЦНИЭП Жилища. НИИЖБ, 1984. – 48 с.
4. Патент на изобретение № 2281362. МПК E04B 1/20 (2006.01). Сборно-монолитный каркас многоэтажного здания «Казань XXI в.» / Мустафин Ильяс Исмагилович. Опубликовано: 2006.08.10.
5. Альбом КЖИ.8. Сборные железобетонные изделия // Монтажные узлы. «Проектно-конструкторская фирма «КАРКАС». – Казань, 2005. – 28 с.
6. Альбом КЖИ.5. Сборные железобетонные изделия // Плиты перекрытия. «Проектно-конструкторская фирма «КАРКАС». – Казань, 2005. – 30 с.
7. Патент на полезную модель № 1231805. Круглопустотная плита перекрытия. Авторы: Мустафин Ильяс Исмагилович, Мустафина Альбина Ильясовна. Патентообладатель: Мустафин Ильяс Исмагилович. Опубликовано: 2013.01.10.
8. Архитектурно-планировочные возможности // Куб систем. <http://www.kubstm.ru/technology> (дата обращения: 20.09.2014).

**Fardiev R.F.** – candidate of technical sciences, senior lecture

E-mail: Fardiev@kgasu.ru

**Ashrapov A.H.** – candidate of technical sciences, assistant

E-mail: 32116@mail.ru

**Mustafin A.I.** – assistant

E-mail: Mustafin@kgasu.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

## Research on load-carrying capacity of hollow-core slabs under reduced support on joists

### Resume

The problem of ensuring the reliability of load-bearing reinforced concrete structures of residential buildings always remains priority research area. One of the ways to meet this challenge is discussed in the article experimental tests of full-scale fragments of structural floor slabs with bringing them to failure. Experimental studies are carried out on a test three-bay fragment with 5.8 m slabs under two support conditions: support of 40 mm, and without below support but slab connection made by grouting the joint with setting frames in prepared toothing at slab ends. Such kind of test method using measuring instruments provided objective data on the strength of new slab-to-beam joints and the whole slab. Tests to failure showed that the loss of strength at joints wasn't found; no cracks under test cracking load were detected; span deflection under test load was several times less than maximum allowable. Slab failure occurred in the span at concrete compressive zone. Thus, the results of the study showed that at joints in question the floor slab has sufficient strength, stiffness, and crack resistance.

**Keywords:** slabs, support on joists, load-carrying capacity of slab, flexure.

### Reference list

1. Series 15/09-1. Pre-stressed hollow-core reinforced concrete floor slabs of long-line non-formwork moulding, reinforced by high-strength steel wire of class Bp1400, 1, 2 m width, 220 mm depth of section. Limited liability company «Scientific Manufacturing Center «Stroitech». – Samara, 2009. – 105 p.
2. Series 1.020-1/87. Frame construction of interspecific application for multi-storied public buildings, industrial and ancillary buildings of manufacturing enterprises. Issue 0-0. General guide. Russian Design Agency. Concrete and Reinforced Concrete Research Institute of the Russian Federation State Committee for Construction, Architectural and Housing Policy of USSR, 1990. – 57 p.
3. Series 1.141-1. Issue 63. Hollow-core reinforced concrete floor slabs. Production drawings: Central Research and Engineering Design Institute of Residential and Industrial Buildings. Concrete and Reinforced Concrete Research Institute, 1984. – 48 p.
4. Patent for an invention № 2281362. International Patent Classification E04B 1/20 (2006.01). Reinforced concrete composite frame of a multi-storied building «Kazan XXI century» / Ilyas I. Mustafin. Published 2006.08.10.
5. Sketch-book of reinforced concrete products. 8. Precast concrete units // Erection joints. «Design-construction company «KARKAS». – Kazan, 2005. – 28 p.
6. Sketch-book of reinforced concrete products. 5. Precast concrete units // Floor slabs. «Design-construction company «KARKAS». – Kazan, 2005. – 30 p.
7. Patent for an invention № 1231805. Hollow-core floor slab. Authors: Ilyas I. Mustafin, Albina I. Mustafina. Patent holder: Ilyas I. Mustafin. Published 2013.01.10.
8. Architectural and planning facilities // System cube. <http://www.kubstm.ru/technology> (reference date: 20.09.2014).