УДК 69.059.3

© В. В. Павлов, канд. техн. наук, доцент
(Казанский государственный архитектурно-
строительный университет)
E-mail: newtura@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-38-42

© V. V. Pavlov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Kazan State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: newtura@mail.ru

КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

FLOOR STRUCTURE DESIGN OF RECONSTRUCTED BUILDINGS

Рассматривается возможность использования облегченных конструкций при замене перекрытий в реконструируемых зданиях, что позволяет снизить нагрузки на существующие конструкции стен и фундаментов, а также снизить материалоемкость самих перекрытий. По результатам проведенных исследований предложены наиболее оптимальные соотношения схем опирания конструкций и используемых пустотообразователей в них в зависимости от размеров перекрываемых пролетов.

Ключевые слова: монолитный железобетон, реконструкция зданий, перекрытия, пустотообразователи.

The article considers the possibility of using lightweight structures when replacing floors in reconstructed buildings. This will reduce the loads on existing structures of walls and foundations, as well as cut the material consumption of the floors. According to the results of the research, the most optimal ratios of the schemes of supporting structures and void formers used in them, depending on the size of the overlapped spans, are proposed.

Keywords: monolithic reinforced concrete, reconstruction of buildings, floors, void formers.

Возможность использования монолитных железобетонных конструкций с пустотообразователями различной формы рассматривалась в работах многих авторов [1–6]. Учитывая достоинства этих конструкций, их использование для замены существующих перекрытий вместо плоских полнотелых плит при реконструкции зданий является актуальным вопросом. Применение этих конструкций позволяет:

- обеспечить соответствие конструкций перекрытий противопожарным¹ и эксплуатационным^{2,3} требованиям;
- снизить вес и материалоемкость вновь возводимых перекрытий, а также снизить нагрузки на стены, фундаменты и основания здания;
- выполнить необходимые требования по прочности, трещиностойкости и деформативности конструкций перекрытий⁴.

¹ СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. М., 2012.

² СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-003. М., 2016.

³ СП 118.13330.2012*. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с изм. 1, 2). М., 2016.

⁴ СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., 2013.

В данной статье рассматривается применение для облегченных конструкций перекрытий следующих пустотообразователей:

- сферических пустотообразователей⁵ (рис. 1);
- цилиндрических труб (рис. 2).

Возможность использования облегченных конструкций перекрытий при реконструкции зданий и сооружений рассматривалась в рамках исследований, проведенных Д. Ю. Парфеновой, Д. Р. Яхъевым и Д. Р. Баяновой в период с 2014 по 2016 годы в рамках подготовки магистерских диссертаций по кафедре ЖБиКК Казанского ГАСУ. Результаты проведенных исследований показали, что целесообразность использования тех или иных пустотообразователей зависит от схемы опирания перекрытий на несущие конструкции, пролета между ними и требуемой толщины перекрытия. Таким образом, была сформирована цель проводимых исследований: определение оптимальных конструктивных решений облегченных перекрытий.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

⁵ <https://pobeton.ru/bloki-i-perekrytiya/babldek>.

Рис. 1. Сферические пустотообразователи типа «Баблдэк» в конструкции перекрытия

Рис. 2. Цилиндрические пустотообразователи в конструкции перекрытия

- определить геометрические параметры пустотообразователей;
- разработать программу численных исследований для определения оптимального технического решения облегченных перекрытий по технико-экономическим параметрам.

Для оценки влияния объемно-планировочных решений реконструируемых зданий (пролеты несущих конструкций, схема опирания) на прочность и деформативность поперечных сечений плит перекрытий с различными видами пустотообразователей выбраны критерии, численные значения которых определены на анализе различных объемно-планировочных решений зданий и сооружений. Для выполнения комплекса численных исследований рассматривались следующие параметры облегченных плит перекрытий:

- ширина 1000–4000 мм;
- пролет 3000–7000 мм;
- схема опирания: шарнирная по двум или четырем сторонам;
- пустотообразователи: цилиндрические, сферические.

Толщина плит перекрытий определялась конструктивно, в зависимости от геометрических параметров, используемых пустотообразователей.

Программа численных исследований с указанием варьируемых факторов приведена на рис. 3.

Параметры базовой модели:

Плита размерами $L \times B$. Нагрузка без учета собственного веса 1200 кг/м^2 .

Фактор 1: Пролет плиты L , мм

$L_1=3000$
 $L_2=4000$
 $L_3=5000$
 $L_4=7000$

Фактор 2: Тип пустотообразователя

1. Цилиндрические пустоты вдоль длинной стороны.
2. Шары BubleDeck по всей площади плиты перекрытия

Фактор 3: Ширина плиты B , мм

$B_1=4000$
 $B_2=2000$
 $B_3=1000$

Фактор 4: Толщина плиты

Принимается оптимальной в зависимости от пролета плиты с учетом минимизации расхода материалов

Фактор 5: Граничные условия

1. Опирание по 4-м сторонам.
2. Опирание по 2-м сторонам.

Фактор 6: Способ армирования

1. Армирование в 2-х направлениях.
2. Армирование в 1-м направлении.

Рис. 3. Программа численных исследований

Анализ результатов выполненных численных исследований рассмотрим на примере моделируемых плит размером 3000×7000 мм и 4000×7000 мм. Моделирование выполнено с использованием ПК «Лира». Для плиты 3000×7000 мм принято одиночное армирование из стержней $\varnothing 20$ мм, для плиты 4000×7000 мм — двойное армирование из стержней $\varnothing 20$ мм в продольном направлении и $\varnothing 14$ мм в поперечном направлении. В результате выполненных иссле-

дований определены изополя перемещений, напряжений в бетоне и усилия в арматуре.

Значение максимального прогиба составляет 11 мм (рис. 4), что меньше предельно допустимого значения 35 мм.

Изополя распределения напряжений по продольному сечению плиты перекрытия с пустотообразователями показаны на рис. 5, по сечению арматуры — на рис. 6. Они также не превышают предельных значений для принятых материалов. Высота растянутой зоны составляет 81 мм.

Рис. 4. Изополя перемещений (max 11 мм)

Рис. 5. Изополя распределения напряжений по длине плиты

Рис. 6. Изополя распределения напряжений по арматуре

Анализ результатов численных исследований позволил установить, что расход арматуры в плитах с различными пустотообразователями при одинаковых параметрах их ширины и пролета сопоставим. При этом определено некоторое снижение процента армирования плит со

сферическими пустотообразователями при расчетном пролете менее 5 м.

Полученные данные для плит с различными пролетами и шириной приведены в табл. 1 и 2, соответственно для плит с цилиндрическими пустотообразователями и плит со сферическими пустотообразователями.

Таблица 1

Требования к конструированию плит с цилиндрическими пустотообразователями

Пролет, мм	Ширина, мм	Вид пустот	Толщина плиты, мм	Кол-во сторон опирания	Тип армирования	Основное армирование
Цилиндрические пустотообразователи						
7000	4000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	4	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
7000	4000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	2	2 слоя	$\varnothing 20/200$
7000	2000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	2	2 слоя	$\varnothing 18/200$
7000	1000	Цилиндры $\varnothing 140$	230	2	1 слой	$\varnothing 18/200$
5000	4000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	4	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
5000	2000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	2	2 слоя	$\varnothing 16/200$
5000	1000	Цилиндры $\varnothing 140$	220	2	1 слой	$\varnothing 16/200$
3000	4000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	4	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
3000	2000	Цилиндры $\varnothing 140$	260	2	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
3000	1000	Цилиндры $\varnothing 140$	220	2	1 слой	Конструктивное $\varnothing 12/200$

Таблица 2

Требования к конструированию плит со сферическими пустотообразователями

Пролет, мм	Ширина, мм	Вид пустот	Толщина плиты, мм	Кол-во сторон опирания	Тип армирования	Основное армирование, мм ²
Цилиндрические пустотообразователи						
7000	4000	Шары $\varnothing 180$	250	4	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
7000	4000	Шары $\varnothing 180$	250	2	2 слоя	$\varnothing 20/200$
7000	2000	Шары $\varnothing 180$	250	2	2 слоя	$\varnothing 18/200$
7000	1000	Шары $\varnothing 180$	250	2	2 слоя	$\varnothing 18/200$
5000	4000	Шары $\varnothing 180$	250	4	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
5000	2000	Шары $\varnothing 180$	250	2	2 слоя	$\varnothing 16/200$
5000	1000	Шары $\varnothing 180$	250	2	2 слоя	$\varnothing 14/200$
3000	4000	Шары $\varnothing 180$	230	4	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
3000	2000	Шары $\varnothing 180$	230	2	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$
3000	1000	Шары $\varnothing 180$	230	2	2 слоя	Конструктивное $\varnothing 12/200$

Вывод

При конструировании монолитных железобетонных плит перекрытий с пустотообразователями при пролетах до 5 м наиболее эффективно использовать плиты малой ширины (1000 мм), с опиранием по двум сторонам, с цилиндрическими пустотообразователями (с однослойным армированием). Для пролетов более 5 м эффективнее использовать плиты с опиранием по четырем сторонам и применять сферические пустотообразователи, что обеспечивает снижение расхода бетона.

Библиографический список

1. Афанасьев А. А., Матвеев Е. П. Реконструкция жилых зданий. Ч. I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. М.: ОАО «ЦПП», 2008. 234 с.
2. Матвеев Е. П. Реконструкция жилых зданий. В 2 ч. М.: ГУП ЦПП, 1999. Ч. I. 367 с. Ч. II. 363 с.
3. Булгаков С. Н. Реконструкция жилых зданий. М.: ГУП ЦПП, 1999. 248 с.
4. Лоскутов И. С. Монолитные железобетонные кессонные перекрытия. М.: Б. и., 2015. 73 с.
5. Гвоздев А. А. Безбалочные перекрытия с легкими камнями. М.; Л.: Госстройиздат, 1933. 36 с.
6. Мурашов В. И., Горнов В. Н. Облегченные железобетонные конструкции. Плоские перекрытия со

включением камней и ящиков. М.; Л.: Госстройиздат, 1933. 56 с.

References

1. Afanas'ev A. A., Matveev E. P. *Rekonstruktsiya zhilykh zdaniy. Ch. I. Tekhnologii vosstanovleniya ehkspluatatsionnoy nadezhnosti zhilykh zdaniy* [Reconstruction of residential buildings. Pt. I. Technologies of operational reliability restoration of residential buildings]. Moscow, OAO TsPP Publ., 2008, 234 p.
2. Matveev E. P. *Rekonstruktsiya zhilykh zdaniy* [Reconstruction of residential buildings]. In 2 Parts. Moscow, GUP TsPP Publ., 1999, Pt I, 367 p. Pt II, 363 p.
3. Bulgakov S. N. *Rekonstruktsiya zhilykh zdaniy* [Reconstruction of residential buildings]. Moscow, GUP TsPP Publ., 1999, 248 p.
4. Loskutov I. S. *Monolitnye zhelezobetonnye kessonnye perekrytiya* [Monolithic reinforced concrete coffer dam floors]. Moscow, 2015, 73 p.
5. Gvozdev A. A. *Bezbalochnye perekrytiya s legkimi kamnyami* [Beam-free floors with lightweight stones]. Moscow; Leningrad, Gosstroyizdat Publ., 1933, 36 p.
6. Murashov V. I., Gornov V. N. *Oblegchennye zhelezobetonnye konstruksii. Ploskie perekrytiya so vklucheniem kamney i yashchikov* [Lightweight reinforced concrete floor structures. Flat floors with the inclusion of stones and boxes]. Moscow; Leningrad, Gosstroyizdat Publ., 1933, 56 p.