

**REFERENCES**

1. Kharitonov V.P. Estestvennaya ventilatsiya s pobuzhdeniem [Natural ventilation with motivation]. AVOK, 2006, no 3, pp. 46 – 55.

2. Engel P.V.D., Kemperman R., Doolaard H. Natural and hybrid ventilation principles based on buoyancy, sun and wind / P. V.D. Engel, R. Kemperman, H. Doolaard // REHVA Journal – 2012. - №4. – pp. 25-32.

3. Tsakanyan O.S., Goloshchapov V.N., Kravchenko O.V. Svobodno-konvektivnoe dvizhenie sredi v vertikal'no raspolozhenom kanale s diskretnymi istochnikami teploty [Free-convective motion of the medium in a vertically located channel with discrete heat sources]. Problemy mashinostroeniya, 2013, Vol.16, no 2, pp. 19 – 29.

4. Rymarov A.G., Abramkina D.V. Sistemy estestvennoi ventilatsii s teplovym pobuzhdeniem [Natural ventilation systems with thermal motivation]. Nauchnoe obozrenie, 2016, no 9, pp. 43 – 46.

5. Wang L., Li N. Valuation of buoyancy-driven ventilation in respect of energy utilization // Energy and Buildings. – 2010. – Vol. 42. – No. 2. – pp. 221–229.

6. Bansal N.K. Solar chimney for enhanced stack ventilation / N.K. Bansal, R. Mathur, M. Bhandari // Building and environment – 1993. – Vol. 28. - № 3. – pp. 373-377.

7. Bansal N.K. A study of solar chimney assisted wind tower system for natural ventilation in buildings // Building and Environment – 1994. – Vol.29. - №4. – pp. 495-500.

8. Hirunlabh J. New configurations of a roof solar collector maximizing natural ventilation / J. Hirunlabh // Building and Environment – 2001. - Vol. 36. - № 3. - pp. 383-391.

9. Lal S. Solar chimney: a sustainable approach for ventilation and building space conditioning / S. Lal, S.C. Kaushik, P.K. Bhargav // International Journal of Development and Sustainability – 2013. – Vol.2. - № 1. – pp. 277-279

10. Mehani I., Settou N. Passive Cooling of Building by using Solar Chimney // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering. – 2012. – Vol. 6. – No. 9. – pp. 735–736.

11. Gan G. A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery // Applied Thermal Engineering. – 1998. – Vol. 18. – No. 12. – pp. 1171–1187.

12. Belova E.M. Zdanie bioklimaticheskoi arkhitektury – «Gorodskie vorota Dyussel'dorfa» [Building of bioclimatic architecture - «City gate of Dusseldorf»]. AVOK, 2006, no 3, pp. 20 – 29.

13. Kleiven T. Natural ventilation in buildings: architectural concepts, consequences and possibilities: PhD thesis / Tommy Kleiven – Norwegian University of Science and Technology, 2003. – 305 p.

14. Gershuni G.Z., Zhukhovitskii E.M., Nepomnyashchii A.A. Ustoichivost' konvektivnykh techenii [Stability of convective currents]. Nepomnyashchii, Moscow, Nauka, 1989. 320 p.

15. Ostroumov G.A. Svobodnaya konvektsiya v usloviyakh vnutrennei zadachi [Free convection under internal conditions] / G.A. Ostroumov. – M.-L.: GITTL, 1952. – 286 p.

16. Trufanova N.M., Navalikhina E.Yu., Markovskii M.V. Matematicheskoe modelirovanie nestatsionarnykh protsessov teplomassoperenosa v pryamougol'nom kabel'nom kanale. [Mathematical modeling of non-stationary processes of heat and mass transfer in a rectangular cable channel]. VESTNIK PNIPU, 2014, no 11, pp. 55 – 66.

17. Obula Reddy Kummitha, Pandey K.M. Experimental and numerical analysis of forced convection heat transfer in turbulent flows / Obula Reddy Kummitha, K.M. Pandey // Procedia Engineering – 2015. - №127. – pp. 711-718.

18. Mashenkov A.N., Kosolapov E.A. O metodakh chislennogo resheniya dvumernykh uravnenii Bussineska dlya svobodnoi konveksii. [Methods for the numerical solution of the two-dimensional Boussinesq equations for free convection]. Academia, Arkhitektura i stroitel'stvo, 2010, no 3, pp. 292 – 296.

19. Kuznetsov G.V., Maksimov V.I., Sheremet M.A. Estestvennaya konvektsiya v zamknutom parallelepipede pri nalichii lokal'nogo istochnika energii. [Natural convection in a closed parallelepiped in the presence of a local energy source]. Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika, 2013, Vol. 54, no 4. pp. 86 – 95.

20. Varapaev V.N. Matematicheskoe modelirovanie kombinirovannogo teploobmena pri estestvennoi konveksii vozdukh v nezamknutykh oblastiakh [Mathematical modeling of combined heat transfer in natural convection of air in nonclosed areas]. Vestnik MGSU, 2010, no 1, pp. 248 – 254 .

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

*Абрамкина Дарья Викторовна* (г. Москва, Россия) – аспирант, ResearcherID: V-5307-2017, ассистент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (129337, Ярославское шоссе, д. 26, тел.: +7 (499) 188-36-07, e-mail: dabramkina@ya.ru).

*Abramkina Darya Viktorovna* (Moscow, Russia) – PhD student, ResearcherID: V-5307-2017, Lecturer, Department of Ventilation and Heat and Gas Supply, University of civil engineering (NRU MGSU) 129337, 26, Yaroslavl'skoe shosse, Russia, Moscow, e-mail: dabramkina@ya.ru).

УДК 624.1

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ И СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ С НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

**А.А. Комлев, С.А. Макеев, Ю.В. Краснощеков**  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

**АННОТАЦИЯ**

*В статье рассмотрены варианты применения профилированного настила в качестве несъемной опалубки в монолитных и сборно-монолитных конструкциях перекрытий. Описаны*

преимущества и недостатки. Предложен способ их совершенствования, в результате которого получена новая конструкция перекрытия с нижней сводчатой поверхностью.

В конструкциях перекрытий с нижней сводчатой поверхностью в максимальной степени реализовано влияние распорных усилий, для которых ранее была получена методика расчета.

Приведены экспериментальные исследования работы фрагментов перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходов с нижней сводчатой поверхностью. Рассмотрены испытательные схемы, соответствующие работе перекрытий с нижней сводчатой поверхностью в различных конструктивных системах. Определены значения распоров в арочных фрагментах перекрытий от равномерно распределенных и сосредоточенных нагрузок. Проведено сопоставление опытных и теоретических значений распоров, полученных по предложенной ранее методике.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** подземные пешеходные переходы, монолитное перекрытие, сборно-монолитное перекрытие, несъемная опалубка, арочный профилированный настил, распорное взаимодействие элементов, опытные изделия, арочные фрагменты.

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день существует тенденция по расширению применения монолитных и сборно-монолитных конструкций перекрытий и покрытий, изготовленных на несъемной опалубке из профилированного настила. Проводятся как теоретические, так и экспериментальные исследования [1, 2, 3, 4, 5].

В них профилированный настил используется в качестве несъемной опалубки при изготовлении, а также после твердения бетона в качестве несущей арматуры.

Такие конструкции имеют существенные преимущества по сравнению с традиционно возводимыми, поскольку снижаются трудозатраты на их возведение в 1,5 – 1,8 раза и тем самым сокращается время на их возведение [6, 7].

В основном применяется профнастил по [8], однако в последнее время большое внимание уделяется профилированным настилам со специальными рифами. Суть их такова, что после твердения бетона, попавшего в них, получают шпоночные соединения по всей длине листа [9, 10, 11].

В России освоен выпуск настила с выштампованными анкерующими рифами марок Н80А-674-0,9, Н80А-674-1,0 [12]. Однако двух типов профлиста недостаточно для рационального использования при большом диапазоне нагрузок и пролетов. Поэтому разрабатываются новые марки профилированных листов с анкерующими рифами [13, 14].

Все эти конструкции являются плоскими, где до половины растянутого бетона не участвует в расчете на прочность. Основной его задачей является сцепление профилированного настила со сжатой зоной. Таким образом, бетон растянутой зоны является некой буферной зоной, в которой если избавиться, то

можно получить эффект не только в скорости возведения, но и экономии бетона.

В [15] была предложена конструкция перекрытия подземного перехода с нижней сводчатой поверхностью, где в качестве несъемной опалубки применяется профилированный настил арочной формы, из-за которой в перекрытии возникают продольные сжимающие усилия (распоры). Учет этих усилий в разных случаях позволяет получить сжатие практически по всей высоте. Таким образом, в конструкции будут отсутствовать зоны, не влияющие на прочность. Поэтому учет этих сил является важной задачей при проектировании перекрытий подземных переходов.

В конструкциях перекрытий с нижней сводчатой поверхностью влияние распорных усилий реализовано в максимальной степени, поэтому они требуют детального исследования.

В [16] была предложена методика для вычисления распора в перекрытиях с нижней сводчатой поверхностью и выполнены расчеты для тестовых задач, однако не были проведены экспериментальные работы, подтверждающие ее достоверность. Целью данной работы стала проверка перекрытий с нижней сводчатой поверхностью в различных конструктивных системах, а также экспериментальное определение распорных усилий от равномерно распределенной и других нагрузок, и сравнение их с теоретическими значениями.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Исследования монолитных и сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходов с нижней сводчатой поверхностью площадью 12-20 м<sup>2</sup> сопряжено со значительными трудностями. Испытание больших панелей требует соору-

### РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

жения громоздкой установки, большого количества приборов, материалов и занимает много времени, поскольку необходимы неоднократные повторения эксперимента. Поэтому было решено проводить исследования на арочных фрагментах шириной  $B = 300$  мм.

Для проведения экспериментальных исследований предусмотрены испытательные схемы, для каждой из которых было изготовлено несколько образцов. Испытательные схемы соответствуют поставленным задачам эксперимента.

1 – проверка прочности и жесткости арочных фрагментов перекрытий из монолитного бетона (рис. 1).

Арочный фрагмент имеет шарнирные опоры. Для восприятия распора, возникающего в перекрытии, были установлены затяжки. В связи с невозможностью установки затяжек в уровне опор они были установлены на уровне  $s$  от опоры.

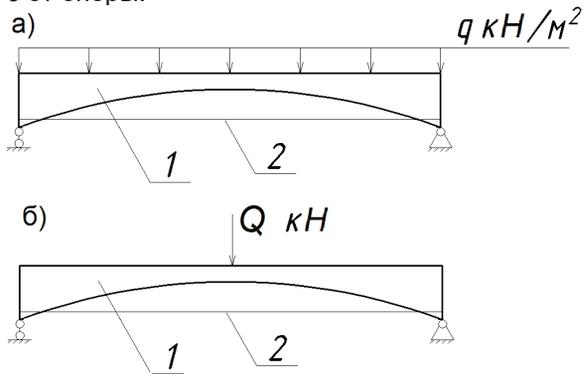


Рисунок 1 – Испытательная схема арочного фрагмента перекрытия:

- а) на распределенную нагрузку;  
б) сосредоточенную нагрузку в середине пролета;  
1 – испытуемый образец; 2 – затяжка  
Illustration 1 – Test scheme of arch overlap:  
on the distributed load;  
concentrated load in the middle of the span;  
1 – test sample; 2 – tightening

Для проведения испытаний по вышеперечисленным схемам были изготовлены фрагменты перекрытий в натуральную величину (рис. 2). Они представляют собой фрагменты перекрытий из монолитного бетона класса В20 [17] без армирования пролетом  $L = 3\,500$  мм, отношение  $f/L = 1/25$ . В качестве заполнителя использовался щебень крупности не более 20 мм [18]. Нижняя сводчатая поверхность образована из арочного профилированного настила марки НС21-1000-1 [19]. Было изготовлено три фрагмента перекрытия.

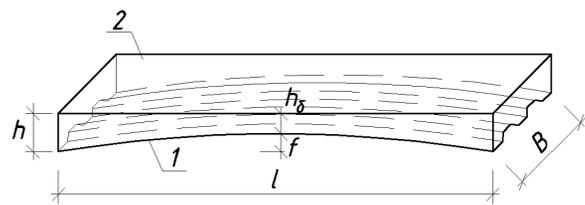


Рисунок 2 – Опытное изделие:

- 1 – нижняя сводчатая поверхность, образованная аркой из профнастила;  
2 – бетон,  $h$  – высота перекрытия,  $h_b$  – высота бетона в замке арочного фрагмента  
Illustration 2 – Expert product:  
1 – The lower vaulted surface formed by an arch of profiled sheeting;  
2 – concrete,  $h$  – construction height,  $h_b$  – concrete height in the arch fragment

Для контроля прочности бетона изготовлены в стандартных формах кубы с размерами сторон 100 мм. Твердение бетона плит и кубов происходило в одинаковых условиях. Также прочность бетона контролировалась ультразвуковым измерительным прибором «Пульсар».

Перед проведением испытаний фрагменты перекрытий с нижней сводчатой поверхностью были тщательно исследованы на наличие дефектов: трещин – сколов, замерены их геометрические характеристики. Затяжки выполнены из двух стержней арматуры  $\varnothing 10$  А400, установленными на уровне 30 мм от опор опытных образцов.

Деформации моделей измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 и 0,001 мм. Напряжения в затяжках измерялись тензодатчиками на основе индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм (рис. 3). Загружение производили бетонными блоками со средним весом 180 Н.

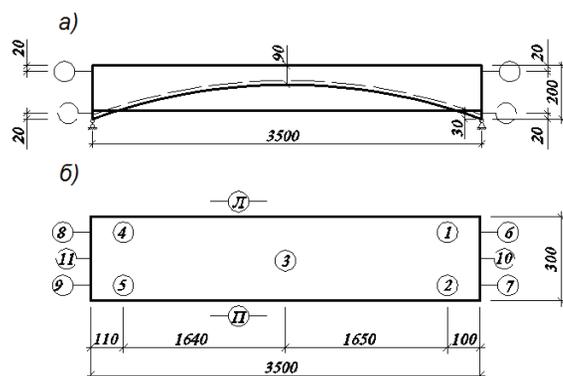


Рисунок 3 – Места установки индикаторов в опытных образцах:

- а) вид сбоку; б) вид сверху  
Illustration 3 – Installation of indicators in prototypes:  
a) side view; b) view from above

Проведены испытания трех фрагментов перекрытий с нижней сводчатой поверхностью на действие равномерно распределенной нагрузки.

Арочные фрагменты перекрытий не были доведены до разрушения. Расчетные моменты от нагрузки составили  $M \approx 0,5 M_u$ , где  $M_u$  - несущая способность сечения в середине элемента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты сравнения экспериментальных, полученных на основе анализа напряжений в затяжках, и теоретических значений, рассчитанных по методике, приведенной в [16], сил распора  $H$  на различных уровнях загрузений в опытных образцах представлены в табл. 1 и на рис. 4.

В результате сравнения значений распора, полученных в ходе эксперимента, и теоретических расчетов, выполненных по [16] выявлено, что расхождение теоретических и экспериментальных значений распоров от равномерно распределенной нагрузки составляют не более 13 %.

Проведены испытания двух фрагментов перекрытий с нижней сводчатой поверхностью на действие сосредоточенной нагрузки в середине пролета.

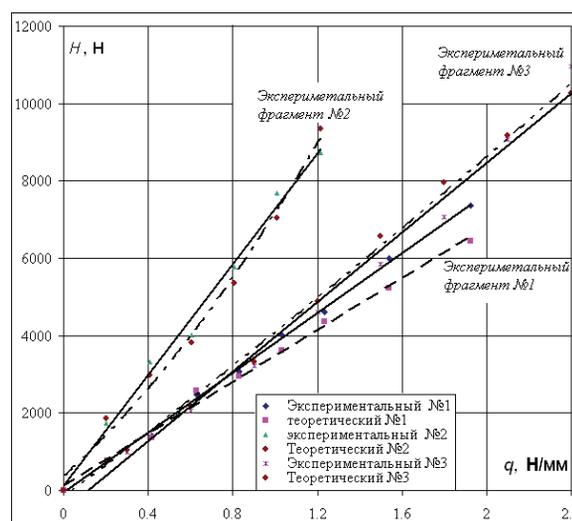


Рисунок 4 – Зависимость значений распора от равномерно распределенной нагрузки  
Illustration 4 – Dependence of the distance values from the uniformly distributed load

В результате испытаний при нагрузке  $Q = 2480$  Н произошло разрушение с образованием трещины в середине пролета. Момент от нагрузки составил  $M \approx 0,97 M_u$ .

Результаты сравнения экспериментальных и теоретических значений сил распора  $H$  на различных уровнях загрузений в опытных образцах представлены в таблице 2.

Таблица 1  
РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛ РАСПОРА  
В АРОЧНЫХ ФРАГМЕНТАХ ПЕРЕКРЫТИЙ ОТ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ

Table 1  
COMPARISON RESULTS OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL VALUES OF FORCES  
IN THE ARCH FRAGMENTS OF OVERLAPPING FROM THE DISTRIBUTED LOAD

Арочный фрагмент №1				Арочный фрагмент №2				Арочный фрагмент №3			
$q$ , Н/мм	$H_T$ , Н	$H_E$ , Н	%	$q$ , Н/мм	$H_T$ , Н	$H_E$ , Н	%	$q$ , Н/мм	$H_T$ , Н	$H_E$ , Н	%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,205	841,3	769,3	8,6	0,203	1973,8	1744,9	11,6	0,3	1047,4	989,1	5,5
0,417	1468,6	1401,2	4,5	0,406	3162,8	3323,6	4,8	0,6	2173,5	2060,6	5,2
0,626	2779,8	2472,7	11,0	0,606	4059,7	4021,5	1,0	0,9	3331,1	3214,6	3,5
0,828	3195,0	3077,2	3,4	0,808	5675,9	5766,4	1,5	1,2	4882,0	4615,8	5,4
1,031	3899,4	4011,3	2,8	1,011	7469,5	7688,6	2,8	1,5	6574,5	5852,2	11,0
1,234	4705,0	4615,8	1,9	1,214	9945,3	8735,5	12,2	1,8	7968,1	7070,9	11,3
1,540	5659,5	5989,5	5,5					2,1	9172,8	9066,7	1,2
1,925	6985,9	7363,3	5,1					2,4	10260,6	10962,5	6,3

здесь  $q$  – значение равномерно распределенной нагрузки (Н/мм);  $H_T$  – теоретическое значение распора (Н);  $H_E$  – экспериментальное значение распора (Н).

**ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате сравнения значений распора, полученных в ходе эксперимента, и теоретических расчетов, выполненных по [16], выявлено, что расхождение теоретических и экспериментальных значений распоров от сосредоточенной нагрузки в середине пролета составляет в среднем 30 %. Таким образом, при расчете распора по [16] следует вводить понижающие коэффициенты.

2 – проверка прочности и жесткости перекрытия с верхним продольным армированием (Рис. 5, а).

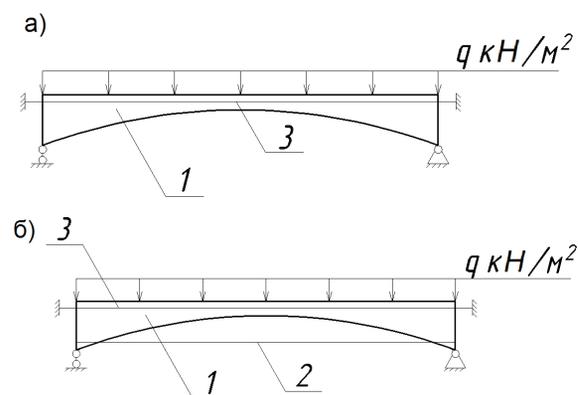


Рисунок 5 – Испытательная схема арочного фрагмента перекрытия:

а) с раскреплением поверху; б) по комбинированной схеме;

1 – испытуемый образец; 2 – затяжка; 3 – продольная арматура

Illustration 5 – Test scheme of arch overlap: with detachment on top; b) by combined scheme; 1 – test sample; 2 – tightening; 3 – longitudinal reinforcement

Арочный фрагмент шарнирно оперт. Для моделирования неразрезности схемы из бетона предусмотрены выпуски арматуры, которые жестко закреплены к специальной раме (рис. 6).

3 – испытание арочных фрагментов с верхним продольным армированием и установленной затяжкой (рис. 5, б).

Арочный фрагмент шарнирно оперт. Для моделирования неразрезности предусмотрены арматурные выпуски из бетона, которые жестко крепятся по концам к специальной раме.

Для восприятия распора, возникающего в перекрытии, были установлены затяжки. В связи с невозможностью установки затяжек в уровне опор они были установлены на уровне С от опоры.

Для проведения испытаний по вышеперечисленным схемам были изготовлены арочные фрагменты перекрытий в натуральную величину, которые представляют собой фрагменты перекрытий из монолитного бетона класса В20 [17] с продольным армированием из стержневой арматуры 2Ø10 А400 А<sub>сфакт</sub> = 157 мм<sup>2</sup> [20] пролетом L = 3500 мм, отношение f/L = 1/25. В качестве заполнителя использовался щебень крупности не более 20 мм [18]. Нижняя сводчатая поверхность выполнена из арочного профилированного настила марки НС21-1000-1 [19].

Для реализации жесткого крепления выпусков арматуры и устройства затяжек изготовлена металлическая рама со съёмными замками (рис.6).

Таблица 2  
РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ СИЛ РАСПОРА В АРОЧНЫХ ФРАГМЕНТАХ ПЕРЕКРЫТИЙ ОТ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ СИЛЫ В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА

Table 2  
COMPARISON RESULTS OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL VALUES OF FORCES IN THE ARCH FRAGMENTS OF OVERLAPPING FROM THE CONTEXTED FORCE IN THE MIDDLE OF THE ARCH

Арочный фрагмент №4				Арочный фрагмент №5			
Q, Н	H <sub>т</sub> , Н	H <sub>э</sub> , Н	%	Q, Н	H <sub>т</sub> , Н	H <sub>э</sub> , Н	%
0	0	0	0	0	0	0	0
360	1596,8	1133,6	29,01	350	1349	989,1	26,6
710	2973,9	2433,1	18,18	700	2962	1978,2	33,3
1060	4739,5	3091,7	34,77	1050	4125	2967,3	28,0
1410	6908,9	4082,8	40,91	1390	5298	3873,9	26,9
1770	7588,9	5398,9	28,86				
2130	9032	6390	29,25				

Примечание. Q – значение сосредоточенной нагрузки (Н/мм); H<sub>т</sub> – теоретическое значение распора (Н); H<sub>э</sub> – экспериментальное значение распора (Н).

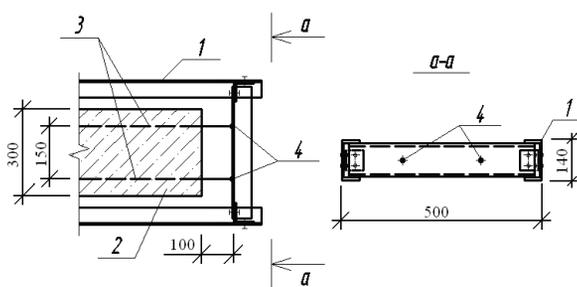


Рисунок 6 – Жесткое крепление выпусков арматуры по концам:  
1 – опытный фрагмент перекрытия; 2 – испытуемый образец;  
3 – арматура; 4 – съемные замки  
Illustration 6 – Rigid fixing of reinforcement releases at the ends:  
1 – experimental fragment of overlap; 2 – test sample;  
3 – armature; 4 – removable locks

Проведены испытания фрагмента перекрытия с нижней сводчатой поверхностью с верхним продольным армированием (рис. 5, а). Экспериментальные данные свидетельствуют, что перекрытия с нижней сводчатой поверхностью имеют крайне низкую несущую способность при применении их в безраспорных конструктивных системах, поскольку уже при нагрузке, равной 0,308 Н/мм, в балке образовалась трещина в трети пролета шириной 0,5 мм. А при нагрузке 0,580 Н/мм произошло разрушение модели с образованием трещины в замке арочного фрагмента.

Также проведены испытания модели перекрытия с нижней сводчатой поверхностью с верхним продольным армированием и установленной затяжкой на действие равномерно распределенной нагрузки (рис. 5, б). На фрагмент перекрытия прикладывалась нагрузка ступенями в среднем по 0,303 Н/мм до достижения нагрузки в 2,406 Н/мм (рис. 7). Экспериментальная проверка комбинированной схемы выявила ее высокую несущую способность, поскольку при достижении расчетной нагрузки максимальное значение прогиба составило не более 30% от предельного значения. Образование трещин в опытном образце не произошло.



Рисунок 7 – Схема раскладки бетонных блоков  
Illustration 7 – Layout of concrete blocks

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распорные усилия в железобетонных фрагментах перекрытий арочной формы увеличиваются при увеличении пролета  $l$ , расстояния  $s$  и уменьшаются при увеличении стрелы подъема арки  $f$  и общей высоты  $h$ .

В результате сравнения экспериментальных и теоретических значений распора от равномерно-распределенной нагрузки, полученных по методике, приведенной в [16], установлено, что максимальное расхождение составляет не более 13%.

Экспериментальные данные свидетельствуют о крайне низкой несущей способности перекрытий с нижней сводчатой поверхностью в безраспорных конструктивных системах, поскольку разрушение наступило на первых этапах загрузки.

Разрушение перекрытия с нижней сводчатой поверхностью без опорного армирования наступает в результате разрушения бетона (появления трещины) в замке арочного фрагмента. Разрушение перекрытия с верхним армированием сопровождается появлением пластической связи в замке арочного фрагмента при несущей способности  $M_u$  и последующей текучести продольной арматуры в зоне отрицательных моментов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Замалиев Ф.С., Шаймарданов Р.И. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкции на крупномасштабных моделях // Известия КазГАСУ. 2008. № 2(10). С. 47 – 52.
2. Замалиев Ф.С., Сагитов Р.А., Хайрутдинов Ш.Н. Испытания фрагмента сталежелезобетонного перекрытия на статические нагрузки // Известия КазГАСУ. 2010. № 1(13). С. 102 – 105
3. Матар П.Ю., Баркая Т.Р., Бровкин А.В. Исследования работы железобетонных плит со стальным профилированным настилом // Бетон и железобетон. 2010. №5.
4. Мальганов А.И., Плевков В.С., Нежувака О.А. Экспериментальные исследования керамзитобетонных плит перекрытий и покрытий с комбинированным армированием стальным профилированным листом и гибкой арматурой // Научные труды общества железобетонщиков Сибири и Урала. Новосибирск. 2009. вып.5.
5. Аншин Л.З. Сталебетонные конструкции перекрытий и покрытий гражданских зданий // Промышленное строительство. 1979. №5. С.14 – 15.
6. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Киев : Будивельник, 1984. 85 с.
7. Додонов М.И. Сборно-монолитное перекрытие со стальным профилированным настилом // Бетон и железобетон. 1988. №4. С.7 – 9.
8. ГОСТ 24045-2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия.
9. Васильев А.П., Горшкова В.М., Лазовский Д.Н. Работа профилированного настила в наклонном сечении моно-

литных плит перекрытий при тяжелых нагрузках // Бетон и железобетон. 1990. № 1. С.20-21.

10. Васильев А.П., Голосов В.Н. Состояние и перспективы развития конструкций с внешним армированием // Бетон и железобетон. 1981. № 3. С.23-24.

11. Abbas H.S., Bakar S.A., Ahmadi M., Haron Z. : Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab [Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab], GRAĐEVINAR 67 (2015) 3, pp. 225 – 233, doi: 10.14256/JCE.1112.2014.

12. ТУ 67-452-82. Профили стальные гнутые с трапециевидными гофрами и рифами. Челябинск : ЧЗПСН, 1982. 30 с.

13. Айрумян Э.Л., Елисеев Н.Ю. Новые типы стальных профилированных настилов для покрытий и перекрытий зданий // Стройпрофиль. 2006. №2.

14. Айрумян Э.Л., Румянцова И.А. Армирование монолитной железобетонной плиты перекрытия стальным профилированным настилом // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 4. С. 25 – 27.

15. Комлев А.А., Макеев С.А., Краснощечков Ю.В. Ис-

пользование сборно-монолитных перекрытий с нижней сводчатой поверхностью в малозаглубленных подземных пешеходных переходах // Вестник СибАДИ. № 4-6(56-57), 2017. С.85 – 91.

16. Комлев А.А. Определение распорных усилий в перекрытиях с нижней сводчатой поверхностью методом конечных разностей // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России: материалы международной 66-й научно-практической конференции. Омск : СибАДИ, 2012. С.223 – 226.

17. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

18. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

19. ТУ 1122-002-44880798-01 Профиль стальной холодногнутый листовой с трапециевидной формой гофра С 21-1000. Технические условия.

20. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций.

## **EXPERIMENTAL RESEARCH OF MONOLITHIC SLABS OF UNDERGROUND PASSAGES WITH THE LOWER VAULTED SURFACE**

A.A. Komlev, S.A. Makeev, Y.V. Krasnoshchekov

### **ANNOTATION**

*The article considers the variants of profiled sheeting application as permanent formwork in monolithic and precast-monolithic designs of overlappings. Their advantages and disadvantages are described. The proposed method of improvement is presented, the results of which is a new structure overlapping with the lower vaulted surface.*

*The influence of the spacer efforts, which were previously obtained by the method of calculation is realized in the structure of floors with the lower vaulted surface.*

*The research presents experimental studies of the fragments overlap slightly deepened underground pedestrian crossings with the lower vaulted surface. The test circuit corresponding to the overlap with the lower vaulted surface in different structural systems is reviewed. The values of thrust, in arched fragments of the slab from uniformly distributed and concentrated loads. The comparison of experienced and theoretical values of thrust obtained by previously proposed methods is made.*

**KEYWORDS:** *underground pedestrian crossings, monolithic slabs, precast slab, permanent formwork, arched profiled sheeting, the spacer element interaction, experimental models, arch fragments.*

### **REFERENCES**

1. Zamaliev F.S., Shajmardanov R.I. Jeksperimental'nye issledovanija stalezhelezobetonnyh konstrukcii na krupnomasshtabnyh modeljah [Experimental study of a steel-concrete – tion of the design on large-scale models]. Izvestija KazGASU, 2008, no 2(10), pp. 47 – 52.

2. Zamaliev F.S., Sagitov R.A., Hajrutdinov Sh.N. Ispytanija fragmenta stalezhelezobetonnogo perekrytija na staticheskie nagruzki [Test fragment tallisooa – ton ceiling on the static load]. Izvestija KazGASU, 2010, no 1(13), pp. 102 – 105.

3. Matar P.Ju., Barkaja T.R., Brovkin A.V. Issledovanie raboty zhelezobetonnyh плит so stal'nym profilirovannym nastilom [The study of reinforced concrete slabs with profiled steel decking]. Beton i zhelezobeton, 2010, no 5.

4. Mal'ganov A.I., Plevkov V.S., Nezhuvaka O.A. Jeksperimental'nye issledovanija keramzitobetonnyh плит perekrytij i pokrytij s kombinirovannym armirovanijem stal'nym profilirovannym listom i gibkoj armaturoj [Experimental study

of lightweight aggregate concrete floor slabs and coatings with hybrid reinforcement, steel profiled sheet, and a flexible valve], Novosibirsk, 2009, no 5.

5. Anshin L.Z. Stalebetonnye konstrukcii perekrytij i pokrytij grazhdanskih zdaniij [Reinforced concrete design of overlappings and coverings of civil buildings]. Promyshlennoe stroitel'stvo, 1979, no 5. pp.14 – 15.

6. Klimenko F.E. Stalebetonnye konstrukcii s vneshnim polosovym armirovanijem [Reinforced concrete construction with external reinforcement strip]. Kiev, Budivel'nik, 1984, 85 p.

7. Dodonov M.I. Sbornomonoitnoe perekrytie so stal'nym profilirovannym nastilom [Precast-monolithic slabs with profiled steel decking]. Beton i zhelezobeton, 1988, no 4, pp.7 – 9.

8. GOST 24045-2016 Profili stal'nye listovye gnutye s trapecevidnymi goframi dlja stroitel'stva. Tehnicheskie uslovija.

9. Vasil'ev A.P., Gorshkova V.M., Lazovskij D.N. Rabota profilirovannogo nastila v naklonnom sechenii monolitnyh плит perekrytij pri tjazhelyh nagruzkah [The work of profiled flooring

in the inclined section monolithic slabs with heavy loads]. Beton i zhelezobeton, 1990, no 1, pp.20 – 21.

10. Vasil'ev A.P., Golosov V.N. Sostojanie i perspektivy razvitiya konstrukcij s vneshnim armirovaniem [The state and prospects of development of structures with external reinforcement]. Beton i zhelezobeton, 1981, no 3. pp.23 – 24.

11. Abbas H.S., Bakar S.A., Ahmadi M., Haron Z.: Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab [Experimental studies on corrugated steel-concrete composite slab]. GRAĐEVINAR 67 (2015) 3, pp. 225 – 233, doi: 10.14256/JCE.1112.2014

12. TU 67-452-82. Profili stal'nye gnutye s trapecievidnymi goframi i rifami. – Cheljabinsk: ChZPSN, 1982. 30 p.

13. Ajrumjan Je.L., Eliseev N.Ju. Novye tipy stal'nyh profilirovannyh nastilov dlja pokrytij i perekrytij zdaniy [New types of profiled steel decking for roofs and ceilings of buildings] Strojprofil'. 2006. №2.

14. Ajrumjan Je.L., Rumjanceva I.A. Armirovanie monolitnoj zhelezobetonnoj plity perekrytija stal'nym profilirovannym nastilom [Reinforcement a monolithic reinforced concrete floor slab profiled steel decking] Promyshlennoe i grazhdanskoje stroitel'stvo. 2007. №4. – pp. 227.

15. Komlev A.A., Makeev S.A., Krasnoshhekov Ju.V. Ispol'zovanie sborno-monolitnyh perekrytij s nizhnej svodchatoj poverhnost'ju v malozaglublennyh podzemnyh peshehodnyh perehodah [The use of precast-monolithic slabs with the lower vaulted surface is slightly deepened in underground pedestrian crossings]. Vestnik SibADI, no 4-5(56-57), 2017, pp.85 – 91.

16. Komlev A.A. Opredelenie raspornyh usilij v perekrytijah s nizhnej svodchatoj poverhnost'ju metodom konechnyh raznostej [Determination of the distance of the effort overlaps with the lower vaulted surface by the finite difference method]. Omsk, SibADI, 2012. pp.223 – 226.

17. SP 63.13330.2012 Betonnye i zhelezobetonnye

konstrukcii. Osnovnye polozenija.

18. GOST 8267-93 Shheben' i gravij iz plotnyh gornyh porod dlja stroitel'nyh rabot. Tehnicheskie uslovija.

19. TU 1122-002-44880798-01 Profil' stal'noj holodnognutyj listovoj s trapecievidnoj formoj gofra S21-1000. Tehnicheskie uslovija.

20. GOST 5781-82 Stal' gorjachekatanaja dlja armirovanija zhelezobetonnyh konstrukcij.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Комлев Андрей Александрович – преподаватель, кафедры «Строительные конструкции», «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, пр. Мира, д. 5, e-mail: komlev-12@yandex.ru).*

*Komlev A.A. – teacher, Siberian state automobile-highway University (SibADI) Department uilding Construction (e-mail: komlev-12@yandex.ru).*

*Макеев Сергей Александрович – доктор технических наук, профессор, кафедры «Строительные конструкции», «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, пр. Мира, д. 5, e-mail: makeev608079@mail.ru).*

*Makeev S.A. – doctor of technical Sciences, professor, Siberian state automobile-highway University (SibADI) Department building (e-mail: makeev608079@mail.ru).*

*Краснощекоев Юрий Васильевич – доктор технических наук, доцент, кафедры «Строительные конструкции», «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, пр. Мира, д. 5, e-mail: uv1942@mail.ru).*

*Krasnoshchekov Y.V. – doctor of technical Sciences, associate Professor, Siberian state utomobile-highway University (SibADI) Department building Construction (e-mail: uv1942@mail.ru).*

УДК 024.21:531.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СОБСТВЕННОГО ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ОПЕРТЫХ НА РЕЗИНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ ПРИБЛИЖЕННЫМИ МЕТОДАМИ

**И. Ю. Белуцкий, В.В Иовенко, А.В. Лапин**

*Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия*

### АННОТАЦИЯ

*Расчет значения собственных частот колебаний пролетных строений пешеходных мостов имеет практическую значимость. Учитывая относительно небольшую массу пролетных строений пешеходных мостов такие факторы, как динамические воздействия, особенности конструкции опорных элементов, пренебрежение которых является нормой в классической шарнирно-стержневой модели пролетного строения, оказывают существенное влияние на динамические характеристики пролетных строений. Не учёт реальных условий опирания пролетного строения приводит к возникновению в них периода вертикальных колебаний в недопустимом интервале 0,45...0,60 с. в соответствии с СП 35.13330.2011.*

*В инженерной практике важную роль играют предварительные расчеты, основанные на приближенных методах. Однако существующие методики определения значений собственного периода колебаний пролетных строений, основанных на упрощениях и допущениях, имеют значительную погрешность в вычислении. В статье предлагается приближенный метод*