

Особенностью собственного экспериментального исследования явилась возможность задавать в эксперименте большие горизонтальные перемещения, что позволило получить длинную ветвь диаграмм отношений напряжений к перемещениям. Но следует отметить, что на данном этапе это было обусловлено не большой вертикальной реакцией экспериментальной установки. При увеличении вертикальной реакции процесс разрушения предположительно будет происходить иначе. Величина пиковых касательных напряжений, как и соотношение пиковых и установившихся после сдвига касательных напряжений в трещине среза будет больше.

The article summarized the current state of the problem of the shear resistance of reinforced concrete elements. It noted now recognized parameters influencing the shear strength. Briefly discussed the most well – known experimentally theoretical research in the field of concrete shear resistance caused by the engagement of the contact surfaces in the crack. It noted some features of shear resistance in the fracture and techniques of experimental research. The main results of our experimental study of shear resistance caused by the engagement of the contacting surface of the concrete to crack.

#### *Список литературы*

1. Mörsch, E. Concrete Steel Construction / E. Mörsch – English translation by E.P. Boodrich, from 3rd. ed. Of Der Eisenbeton, 1st. ed., 1909. – 368 p.
2. Yang, Y. Shear behaviour of reinforced concrete members without shear reinforcement / Y. Yang. – Norwegian University of Science and Technology, 2014. – 370 p.
3. Vecchio, F.J. Predicting the Response of Reinforced Concrete Beams Subjected to Shear the Modified Compression Field Theory / F.J. Vecchio, MP Collins. – ACI Struct. Journal. – V. 85, № 3, May – June, 1988. – P. 258–268.
4. Vecchio, F.J. Predicting the Response of Reinforced Concrete Beams Subjected to Shear Using Modified Compression Field Theory / F.J. Vecchio, MP Collins. – ACI Struct. Journal. – V. 85, № 3, May – June, 1988 – P. 258–268.
5. Тур, В.В. Расчет железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил / В.В. Тур, А.А. Кондратчик. – Брест: БГТУ, 2000. – 400 с.
6. Sagaseta, J. Influence of aggregate fracture on shear transfer through cracks in reinforced concrete / J. Sagaseta, R.L. Vollum. – Magazine of Concrete Research, 2011. – Vol. 63, Is. 2. – P. 119–137.
7. Mattock, A.H. Shear Transfer in Reinforced Concrete – Recent Research / A. H. Mattock, N. Hawkins. – Journ. Prestressed Concrete Institute, 1972. – V. 17, № 2, March – April. – P. 55–75.
8. Mattock, A.H. Shear transfer in reinforced concrete with moment or tension acting across the shear plane / A. H. Mattock, L. Johal, H. C. Chow. – PCI Journal, 1975. – July – August. – P. 76–93.
9. Walraven, J.C. Aggregate Interlock: A Theoretical and Experimental Analysis / J.C. Walraven. – Delft Univ. Press, 1980. – 197 p.
10. Walraven, J.C. Experiments on Shear Transfer in Cracks in Concrete. Part 2: Analysis of Results / J.C. Walraven. – Stevin Laboratory, Delft Univ. of Technology, 1979. – Report № 5 – 79 – 10. – 132 p.
11. Walraven, J.C. Theory and Experiments on the Mechanical Behavior of Cracks in Plain and Reinforced Concrete Subjected to Shear Loading / J.C. Walraven, H.W. Reinhardt. – Heron, 1981. – V. 26, № 1A. – 68 p.
12. Yoshikawa, H An analytical model for frictional shear slip of cracked concrete / H Yoshikawa, T. Tanabe. – IABSE reports, 1987. – P. 75–86.
13. Тур, В.В. Прочностные и деформативные параметры контактных соединений сборно – монолитных конструкций / В.В. Тур, Т.П. Шалобыта, Н.Н. Шалобыта. – Вестн. БПИ. – 2000. – № 1 : Строительство и архитектура. – С. 60–65.

УДК 624.014

А. В. МУХИН, М. А. ЛУГОВСКОЙ, А. Б. ШУРИН, Л. Г. ГОЛОВКО

### **БЕСПРОГОННЫЕ СКАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПРОФИЛИРОВАННЫХ НАСТИЛОВ**

В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований односкатного покрытия навеса из перекрестно расположенных карт профилированного настила

**Введение.** При проектировании традиционных скатных покрытий с прогонами при уклонах кровли более 10 % преобладающее влияние на расход металла на прогоны оказывает горизонтальная скатная составляющая. Для снижения величин изгибающих моментов в двускатных кровлях применяют скатные связи. Это эффективно при симметричных нагрузках на кровлю и, тем не менее, это приводит к повышению трудоемкости изготовления и монтажа. Такое решение чрезвычайно сложно применить при односкатных кровлях.

Поэтому, упростить конструктивное решение односкатного покрытия со значительным уклоном можно, применив в качестве прогонов специальные профили, развитые в плоскости ската, или

профилированные настилы с высотой гофра 75 мм или более. Следует учесть, что момент сопротивления для профилированных настилов в плоскости ската на порядок больше прокатных и холодногнутых профилей, то применение профилированных настилов в качестве прогонов в скатных кровлях дает существенную экономию металла по сравнению с традиционными прогонными решениями [1, 6, 7].

Использование прогонов из профилированных настилов для скатных кровель согласно [1, 6] позволяет существенно (в 1,5...3 раза) снизить расход металла на прогоны по сравнению с традиционным прогонным решением вследствие большего момента сопротивления поперечного сечения относительно вертикальной оси. Рассчитанные по методике СНиП II-23 [2] и EN 1993 [4] конструкции покрытий на примере неотапливаемых складов показали следующее:

- расход металла на покрытие с треугольными фермами на ячейку с размерами 11,7х6 м на 1 м<sup>2</sup> кровли при использовании прогонов из профилированных листов до 60 % меньше по сравнению с традиционным решением;
- экономический эффект от применения предлагаемого конструктивного решения возрастает с увеличением угла наклона касательной к поясу, особенно в арочных покрытиях. Поэтому расход металла на 1 м<sup>2</sup> на ячейки с размерами 11,7х6 м для арочного покрытия при применении прогонов из профилированных листов также до 75 % меньше по сравнению с традиционным решением.

Вышеуказанные результаты были получены при вариантном проектировании различных объектов и основаны на расчетах, выполненных в соответствии с [2, 3, 4]. Без экспериментальных исследований предложенных конструктивных решений остаются открытыми вопросы, связанные с совместной работой настилов, условиями их опирания друг на друга, расчетными схемами в процессе работы. Очевидно, что решение этих вопросов может быть получено только на основе экспериментальных исследований.

В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований покрытия навеса, запроектированного в 2015 году.

**Натурные исследования.** На основе экспериментальных и теоретических исследований [1, 6, 7], а также расчетов, выполненных согласно [3, 4], авторами статьи был запроектирован навес для погрузочно-разгрузочной площадки при складском помещении ООО "РОСКОРМ" по ул. 8 Марта в г. Малорита, который был построен в 2015 году.

Конструкция навеса состоит из трех рам, стойки которых защемлены в фундаментах (рисунок 1). Стойки рам имеют сплошное сечение в виде труб круглого и квадратного сечения. Ригеля рам имеют сечение из двух швеллеров, охватывающих стойки с двух сторон, что обеспечивает их защемление в колоннах. Пространственная неизменяемость и устойчивость навеса обеспечивается защемлением колонн в фундаментах, наличием продольной рамы по одному ряду колонн, закреплением концов ригелей к железобетонным конструкциям складского помещения, диском покрытия из профилированного настила.

Покрытие навеса состоит из перекрестно расположенных карт профилированного настила. Нижние карты, уложенные поперек ската кровли и играющие роль «прогонов», выполнены из профилированного настила Н14 – 600 – 0,8 по ГОСТ 24045. Карты нижнего настила длиной 12м прикреплены к полкам ригелей в каждой волне на каждой опоре двумя самонарезающими винтами М6х25 по ГОСТ 10618. Верхние карты настила длиной 12м, имеющие сечение Н60 – 845 – 0,7 по ГОСТ 24045, прикреплены к картам нижнего настила в каждой волне самонарезающими винтами М4х20 по ГОСТ 10618 (рисунок 2).



Рисунок 1 – Общий вид навеса

а)



б)



**Рисунок 2 – Крепление карт настила: а) нижних; б) верхних**

Расчетные схемы для нижнего настила принимались для различных условий опирания его на несущие конструкции в зависимости от жесткости и размеров поперечных сечений ригелей, на которые он уложен. Сечение нижнего настила было запроектировано как для многопролетной двухконсольной балки с упругоподатливыми либо жесткими опорами, нагруженной равномерно распределенной постоянной и временной нагрузкой.

Сечение верхнего настила было принято на основе его расчетов как многопролетной балки, опирающейся на упругоподатливые опоры в зоне сопряжения гофров верхнего и нижнего настилов, связанных самонарезающими винтами.

Исследования деформированного состояния настилов проводились с целью уточнения расчетных схем карт нижнего и верхнего настилов, определение совместности работы карт нижнего и верхнего настилов, и было выполнено в два этапа. Схема нагружения приведена на рисунке 3.

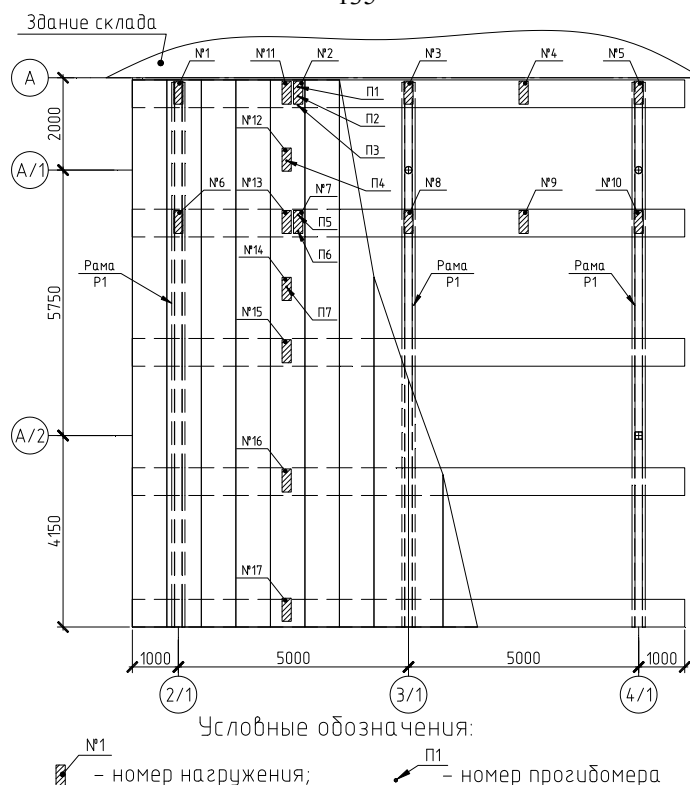
На первом этапе проводились испытания карты нижнего настила локальной нагрузкой величиной 1 кН, приложенной к верхним гофрам. Локальная нагрузка прикладывалась последовательно по длине карты в пяти точках, что соответствовало пяти нагружениям (нагружения №1 ... №5).

Второй этап испытаний выполнялся после монтажа верхнего настила. На данном этапе проводились испытания всей конструкции покрытия, состоящего из перекрестно уложенных карт настила. Локальная нагрузка величиной 1 кН на втором этапе прикладывалась к верхним гофрам настила кровли (нагружения №1 ... №17).

Измерения вертикальных перемещений производились с использованием прогибомеров системы Аистова с ценой деления 0,01 мм.

В результате экспериментальных исследований деформированного состояния карт нижнего и верхнего настилов кровли установлено:

- карты верхнего и нижнего настила в процессе нагружения работали совместно. Об этом свидетельствует уменьшение прогибов нижнего настила на втором этапе испытаний на 7...24 % по сравнению с первым этапом (меньшее значение относится к крайним картам нижнего настила);
- карты настила в процессе испытаний работали упруго;
- получены реальные жесткости опор для расчетных схем верхнего и нижнего настилов, которые позволяют выполнять проектирование подобных покрытий из перекрестно расположенных карт профилированного настила (Н114 – 600 – 0,8 + Н60 – 845 – 0,7);
- при оценке напряженно деформированного состояния карт настила следует учитывать наличие упругоподатливого закрепления на опорах самонарезающими винтами, также следует учитывать количество самонарезающих винтов и их расположение на опорах для нижнего и верхнего настилов.



**Рисунок 3 – Схема испытаний покрытия навеса**

#### Выводы.

1. Данное конструктивное решение позволило отказаться от системы постоянных горизонтальных связей в покрытии.
2. Металлоемкость конструкций кровли уменьшилась за счет замены прогонов, горизонтальных, скатных связей картами профилированного настила.
3. Существенно снизились трудозатраты на монтаж конструкций покрытия.
4. В результате экспериментальных исследований деформированного состояния покрытия навеса установлено:
  - в процессе испытаний карты верхнего и нижнего настила в процессе нагружения работали в упругой стадии и совместно;
  - при проектировании подобных конструкций покрытий необходимы специальные экспериментальные исследования для определения жесткостей узлов сопряжения карт настила с ригелями и между собой.

The authors of the article give the results of experimental research of the single – slope canopy cover of cross – arranged cards of the profiled sheeting.

#### Список литературы

1. Мухин. А.В. Конструктивные решения кровель с ортотропными конструкциями из профилированных настилов / А.В. Мухин. А.Б. Шурин. Ю.Ю. Маркулевич // Вестник БрГУ. – Брест. 2015. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 50–54.
2. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Стальные конструкции: СНиП II-23-81\*. – М.: Госстрой СССР: ЦНИИП, 1990. – 96 с.
3. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II – 23 – 81\*). – М.: ЦНИИСК, 1989. – 128 с.
4. Технический кодекс установившейся практики. Еврокод. Проектирование стальных конструкций. Часть 1 – 3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов: ТКП EN 1993-1-3 – 2009. – Введ. 10.12.2009. – Мн.: Минстройархитектуры РБ. – 2009. – 114 с.
5. Технический кодекс установившейся практики. Кровли. Строительные нормы проектирования и правила устройства: ТКП 45-5.08-277-2013. – Введ. 10.04.2013. – Мн.: Минстройархитектуры РБ. – 2013. – 27 с.
6. Холодное скатное покрытие зданий. / А.В. Мухин, А.Б. Шурин, М.А. Луговской, В.Н. Пчелин, Ю.Ю. Маркулевич; заявитель УО «Брестский гос. тех. ун – т.» – № u 20130612 от 22.07.2013. Пол. реш. от 19.09.2013 № 9879.
7. Шурин. А.Б. Конструктивные решения кровель с прогонами из стальных профилированных настилов / А.Б. Шурин. А.В. Мухин. Н.Н. Шалобыта. Ю.Ю. Маркулевич // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: Сборник научных статей XIX научно – методической конференции ВИТУ (19 марта 2015 года): Санкт – Петербург / ВИ(ИТ)ВАМТО (ВИТУ) / под общ. ред. к.т.н. доцента Д.В. Курлапова. – СПб. 2015. – С. 247–253.