

Мухин А.В., Луговской М.А., Шурин А.Б., Кривоносов В.Ю.

КОНСТРУКЦИИ ХОЛОДНЫХ БЕСПРОГОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ПРОФИЛИРОВАННЫХ НАСТИЛОВ

Введение. Традиционно область применения профилированных настилов в скатных холодных кровлях ограничивается прогонными решениями с использованием горячекатаных профилей. Необходимость установки дополнительных элементов крепления и их узлы соединения с прогонами и стропильными конструкциями на болтах повышают трудозатраты на монтаж покрытия.

На стоимость покрытия влияет также необходимость временного закрепления (обеспечения монтажной устойчивости) стропильных конструкций связями в процессе монтажа.

Поэтому, снизить расход металла на покрытие со значительным уклоном можно, применив в качестве прогонов стальные холодногнутые или прессованные профили 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 поэтому, то применение профнастилов в качестве прогонов в скатных кровлях может дать большую экономию металла по сравнению с другими профилями [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 неотопливаемых складов показали следующее:

- расход металла на покрытие с треугольными фермами на ячей-

ку с размерами 11,7х6 м на 1 м² 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 м² 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 фрагмента кровли, испытанного в лаборатории кафедры строительных конструкций УО БрГТУ и покрытия объекта, запроектированного в 2015 году авторами статьи.

В процессе испытаний фрагмента кровли с прогонами из стальных профилированных настилов оценивалось его деформированное состояние по отношению к профилированному настилу, работающему по балочной схеме.

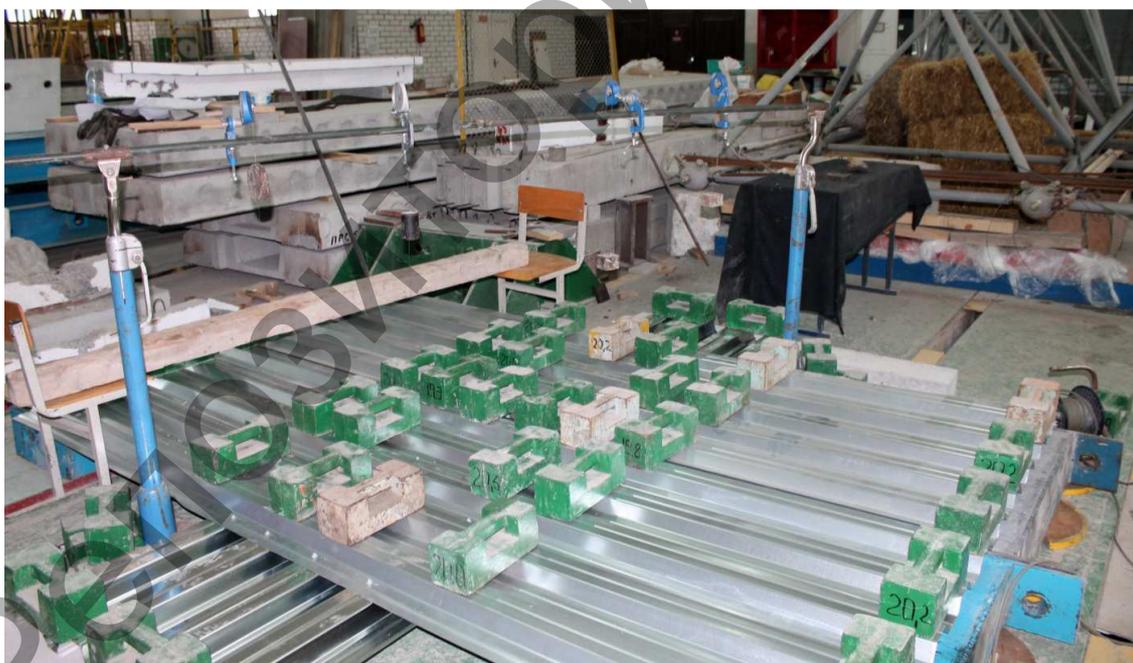


Рис. 1. Общий вид стенда для испытаний под нагрузкой (крепление верхнего профнастила НС35-1000-0,6 к Н75-750-0,7 с использованием самонарезающих винтов ГОСТ 10618)

Мухин Анатолий Викторович, к.т.н., доцент, профессор кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Луговской Михаил Анатольевич, старший преподаватель кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Шурин Андрей Брониславович, к.т.н., ст. преподаватель кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Кривоносов Владислав Юрьевич, студент строительного факультета Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Исследования деформированного состояния состояли из трех этапов:

- 1) исследование деформированного состояния нагруженного испытательной нагрузкой фрагмента кровли с прогонами из стальных профилированных настилов при свободном опирании верхнего и нижнего профнастилов;
- 2) исследование деформированного состояния нагруженного испытательной нагрузкой фрагмента кровли с прогонами из стальных профилированных настилов при креплении верхнего профнастила к нижнему с использованием самонарезающих винтов ГОСТ 10618 (рис. 1);
- 3) исследование деформированного состояния нижнего профилированного настила, работающего по балочной схеме и нагруженного такой же величиной испытательной нагрузки.

Исследования и оценка деформированного состояния фрагмента кровли с прогонами из профилированных настилов проводились в испытательной лаборатории кафедры строительных конструкций в апреле – мае 2015 года.

В соответствии с требованиями п.8.5 ТКП 45-5.08-277-2013 [5] несущий профнастил под кровлю должен иметь высоту гофра не менее 35 мм. Поэтому в качестве прогонов использовался стальной профилированный настил для покрытий марки Н75-750-0,7 по ГОСТ 24045, а в качестве верхнего – марки НС35-1000-0,6.

В процессе нагружения проводилось постоянное наблюдение в местах опор и в зонах приложения испытательной нагрузки для обнаружения появления депланации опорных зон и потери местной устойчивости стенок гофров на опорах.

Для определения величины испытательной нагрузки были произведены численные расчеты по определению несущей способности профнастила.

Для испытания как фрагмента кровли с прогонами из профнастилов, так и профнастила, работающего по балочной схеме, была разработана схема приложения испытательной нагрузки. В соответствии со схемой, испытательная нагрузка прикладывалась за 6 этапов, равномерно загружая профнастил, от центра к краям.

После приложения полной величины испытательной нагрузки система выдерживалась в 15 минут, после чего производились измерения вертикальных перемещений в местах крепления прогибомеров. Демонтаж испытательной нагрузки осуществлялся в обратном порядке в соответствие со схемой нагружения.

Таким образом, максимальная суммарная величина испыта-

тельной нагрузки на профнастил составила 4,404 кН или 2,06 кН/м², что меньше несущей способности профнастила из условия прочности и жесткости. Величины испытательных нагрузок на профнастил в зависимости от этапа нагружения приведены в таблице 1.

Измерения вертикальных перемещений производились с использованием прогибомеров системы Аистова с ценой деления 0,01 мм. Температура во время проведения испытаний колебалась в пределах 5°, что практически не отражалось на результатах измерений. Прогибомеры крепились к полкам верхних гофров нижнего профнастила (Н75-750-0,7) в одних и тех же точках: как при испытании фрагмента кровли с прогонами из стальных профилированных настилов (Н75-750-0,7 + НС35-1000-0,6), так и при испытании стального профнастила, работающего по балочной схеме (Н75-750-0,7). Измерения вертикальных перемещений проводились на каждом этапе нагружения. Для оценки уровня остаточных деформаций измерения вертикальных перемещений проводились также на этапе разгрузки.

Таблица 1. Величина испытательной нагрузки на профнастил в зависимости от этапа нагружения

Этап приложения испытательной нагрузки	Суммарная нагрузка на профнастил,		Количество грузов на этапе нагружения
	кН	кН/м ²	
1	0,398	0,186	2
2	0,8	0,374	2
3	2,002	0,937	4
4	2,802	1,311	4
5	3,596	1,682	6
6	4,404	2,060	4

Результаты испытаний. По результатам экспериментальных исследований были построены графики зависимостей вертикальных перемещений от испытательной нагрузки для каждого этапа нагружения (рис. 2).

Максимальные вертикальные перемещения фрагмента кровли с прогонами из профилированных настилов (Н75-750-0,7+ НС35-1000-0,6) при их свободном опирании и при их сопряжении с использованием самонарезающих винтов ГОСТ 10618 на 50% меньше вертикальных перемещений стального профилированного настила Н75-750-0,7, работающего по балочной схеме (рис. 2). Тем самым доказано, что предложенная конструкция кровли с прогонами из профнастилов обладает повышенной жесткостью по отношению к профи-

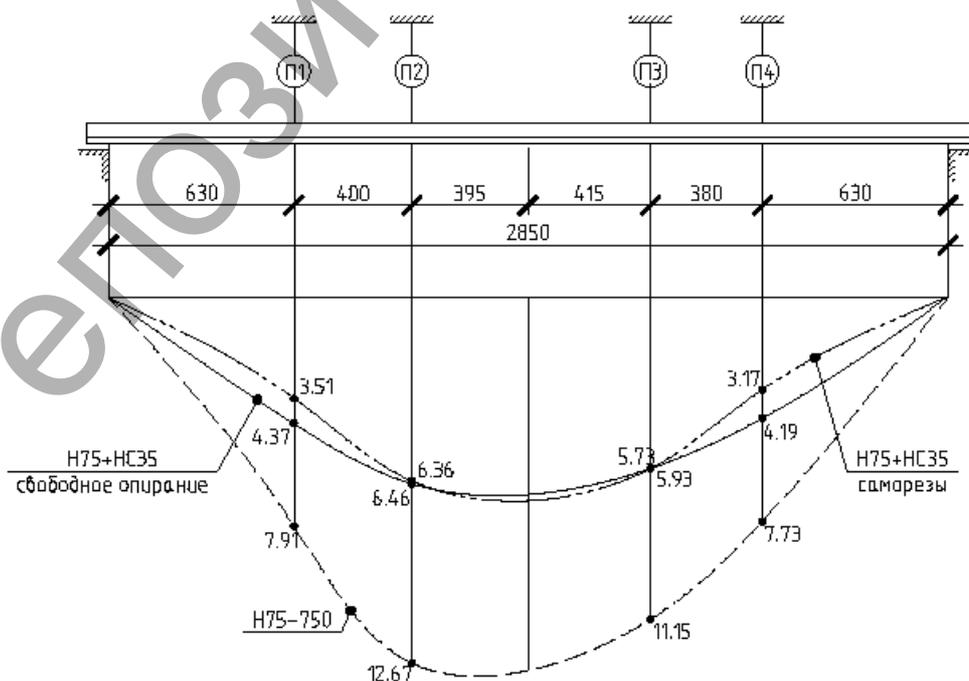


Рис. 2. Вертикальные перемещения от испытательной нагрузки

лированному настилу, работающему по балочной схеме, даже при отсутствии сопряжения профнастилов с использованием самонарезающих винтов.

Периодический осмотр стального профилированного настила, проводимый в процессе нагружения и после снятия испытательной нагрузки, подтвердил, что профнастил работает в упругой стадии, остаточные деформации отсутствуют. Каких-либо повреждений, искривлений и потери местной устойчивости стенок гофров на опорах и в местах приложения испытательной нагрузки не обнаружено.

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 заземлены в фундаментах (рис. 3). 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 заземлением колонн в фундаментах, наличием продольной рамы по одному ряду колонн, закреплением концов ригелей к железобетонным конструкциям складского помещения, диском покрытия из профилированного настила.



Рис. 3. Общий вид навеса

Покрытие навеса состоит из перекрестно расположенных карт профилированного настила. Нижние карты, уложенные поперек ската кровли и играющие роль «прогонов», выполнены из профилированного настила Н114-600-0,8 по ГОСТ 24045. Карты нижнего настила длиной 12 м прикреплены к полкам ригелей в каждой волне на

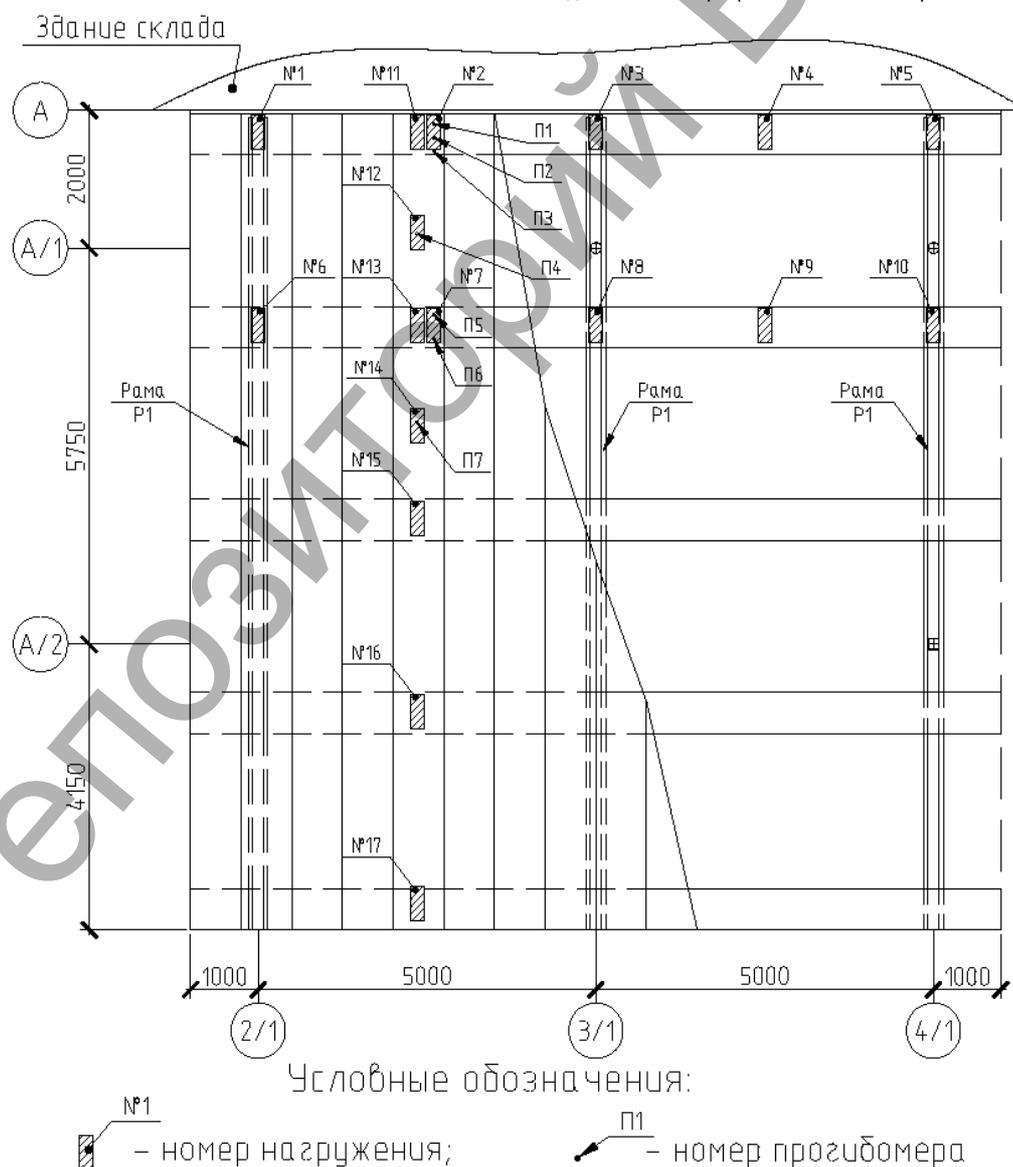


Рис. 4. Схема испытаний покрытия навеса

каждой опоре двумя самонарезающими винтами М6х25 по ГОСТ 10618. Верхние карты настила длиной 12 м, имеющие сечение Н60-845-0,7 по ГОСТ 24045, прикреплены к картам нижнего настила в каждой волне самонарезающими винтами М4х20 по ГОСТ 10618.

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, определения совместности работы карт нижнего и верхнего настилов, и было выполнено в два этапа. Схема нагружения приведена на рисунке 4.

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.

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.

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.

Заключение

1. Авторами разработана методика и стенд для проведения исследований фрагмента конструкции кровли с прогонами из профилированных настилов. Определена величина и порядок приложения испытательной нагрузки.

2. Выполнена оценка деформированного состояния исследуемой конструкции фрагмента кровли по отношению к деформированному состоянию профилированного настила, работающего по однопролетной балочной схеме. Экспериментально установлено, что максимальные вертикальные перемещения фрагмента кровли с прогонами из профилированных настилов (Н75-750-0,7 + НС35-1000-0,6) при их свободном опирании и при их сопряжении с использованием самонарезающих винтов ГОСТ 10618 на 50% меньше вертикальных перемещений стального профнастила Н75-750-0,7, работающего по балочной схеме.

3. На основе экспериментальных и теоретических исследований, выполненных авторами, а также расчетов, выполненных согласно [3, 4], 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.

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 необходимо иметь реальные жесткости узлов сопряжения настилов, которые необходимо получать при испытаниях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мухин, А.В. Конструктивные решения кровель с ортотропными конструкциями из профилированных настилов / А.В. Мухин, А.Б. Шурин, Ю.Ю. Маркулевич // Вестник БрГТУ. – 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.

Материал поступил в редакцию 19.01.16

MUCHIN A.V., LUGOVSKOI M.A., SHURIN A.B., KRIVONOSOV V.Yu. *Designs of coverings, cold without runs, from the pro-thinned-out floorings*

The authors of the article give the results of experimental research of the fragment of the roof and a canopy cover of cross-arranged cards of the profiled sheeting.