

Луговской М.А., Мухин А.В.

Номенклатура современных профилированных настилов позволяет их использовать для прогонных и беспрогонных, теплых и холодных покрытий, выполнять функции несущей конструкции в холодных и теплых кровлях, а также функции связей и диска покрытия. С конца 70-х годов XX века профилированный настил на территориях Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины и других стран бывшего СССР применялся в беспрогонных покрытиях при шаге несущих конструкций 4 метра или 6 метров. Это было связано с ограниченной номенклатурой профилей по действующим в то время нормативным документам.

В Республике Беларусь стальной профилированный настил до 2016 года выпускался только в соответствии с требованиями ГОСТ 24045-94. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия, с учетом изменения №1 ВУ* 2009 г. По данному документу профилированный настил для стен и кровли выпускался высотой гофра от 8 мм до 114 мм.

В настоящее время в Республике Беларусь, а также в Российской Федерации профилированный настил применяется согласно межгосударственному стандарту: ГОСТ 24045-2016 [1], а также по различным техническим условиям предприятий-изготовителей. Сортамент сечений профилированных настилов в [1] значительно расширился, появились настилы с высотой гофра до 160. В технических условиях ТУ1122-001-90622969-2015, разработанных ООО «ИСТ ГРУПП», и других предприятий-изготовителей Российской Федерации высота гофра профнастилов может достигать 206 мм, а толщина – до 1,5 мм.

Таблица 1 – Примеры сечений современных профилированных настилов

№ п.п.	Наименование профилированного настила, нормативный документ	Сечение
1	H135-930 ТУ 1122-001-90622969-2015	
2	H153-840 ТУ 1122-001-90622969-2015	
3	H206-750 ТУ 1122-001-90622969-2015	

Современная номенклатура профилированного настила позволяет расширить область его применения в части увеличения нагрузок, пролетов, а также новых конструктивных решений кровель. Расчетный анализ конструктивных решений традиционных беспрогонных покрытий из профнастилов показывает, что шаг несущих конструкций каркасов зданий может быть увеличен до 10 м.

Профилированный настил для покрытий изготавливается на станах холодного профилирования из рулонной тонколистовой стали по ГОСТ 14918 [2], а также по ГОСТ 16523 [3]. В данных нормативных документах предъявляются требования к величинам временного сопротивления и относительного удлинения листового проката.

Согласно ГОСТ 14918 [2] временное сопротивление разрыву оцинкованной рулонной стали нормальной вытяжки должно составлять 300 – 490 МПа, а относительное удлинение на рабочей длине 80 мм стали толщиной до 0,7 мм должно быть не менее 21%, а для стали толщиной от 0,7 до 1,5 мм должно быть не менее 22%.

Согласно ГОСТ 16523 [3] для контроля механических свойств проката от каждого рулона, вес которого должен быть в пределах 3 – 10 тонн, на расстоянии не менее 2 м от конца отбирается проба, из которой вырезается один образец для испытаний на растяжение по ГОСТ 11701 [4]. Положение продольной оси образца по отношению к направлению прокатки выбирается поперек рулона в соответствии с приложением В ГОСТ 7594 [9]. По данным испытаний определяется соответствие рулонной стали группе прочности по ГОСТ 16523 [3].

Проектирование профилированных настилов для кровель на территории Республики Беларусь до 2015 года выполнялось согласно пособию по проектированию стальных конструкций к СНиП II-23-81* [5], где регламентировалась величина расчетного сопротивления стали при растяжении, сжатии и изгибе не менее $R_y = 220$ МПа, а расчетное сопротивление срезу – $R_s = 130$ МПа.

В Российской Федерации с 2005 года действует нормативный документ СТО 0043-2005 Настилы стальные профилированные для покрытий зданий и сооружений. Проектирование, изготовление, монтаж. В нем принята величина расчетного сопротивления стали при растяжении, сжатии и изгибе не менее $R_y = 250$ МПа, а расчетное сопротивление срезу – $R_s = 130$ МПа.

При применении профилированных настилов, изготовленных из сталей тонколистовых по ГОСТ 14918 [2] и ГОСТ 16523 [3] открытым остается вопрос, как назначать марки сталей и как назначать вышеуказанные характеристики для конкретной партии профилированного настила, где в сертификатах указывается только значение временного сопротивления, определенное поперек рулона стали.

В настоящее время в Республике Беларусь проектирование покрытий из профилированных настилов регламентируется ТКП EN 1993-1-3-2009 [6]. Действие этого нормативного документа распространяется на расчет элементов, изготовленных из сталей согласно EN 10326: стали S220GD – S350GD, а также согласно EN 10327: стали DX51D – DX53D, для которых в ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] приведены номинальные значения основного предела текучести и временного сопротивления.

В соответствии с ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] завод-изготовитель профилированного настила может поставлять партии изделий с физико-механическими характеристиками, определенными экспериментальным путем. Рулонная сталь для изготовления профнастила может быть поставлена из одной плавки или из различных плавков. Для определения физико-механических характеристик стали в соответствии с ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] отбираются образцы, с ориентацией продольной оси вдоль рулона стали. Нормативные значения должны определяться на основе статистической обработки в соответствии с EN 1990. Допускается для некоторых расчетных ситуаций учитывать повышение предела текучести профнастила вследствие холодного профилирования.

На основе экспериментальных и теоретических исследований [7, 8], было разработано новое конструктивное решение кровли из перекрестно расположенных листов профилированного профнастила: запроектирован и построен навес для погрузочно-разгрузочной площадки при складском помещении ООО "РОСКОРМ" по ул. 8 Марта в г. Малорита Брестской области.

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.



Рисунок 1 – 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 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 са-

монарезающими винтами М4х20 по ГОСТ 10618 (рисунок 2).

Рисунок 2 – Крепление карт настила

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 переменной 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.

Для определения действительных физико-механических характеристик стали профилированных настилов перед монтажом покрытия из листов верхнего и нижнего настилов были отобраны контрольные образцы металла, вырезанные в направлении профилирования. Испытания на растяжение образцов проводились в лаборатории кафедры строительных конструкций УО БрГТУ на универсальной испытательной машине Galdabini Quasar 25.

Минимальные значения предела текучести и предела прочности стали, полученные по результатам испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочностные характеристики стали профнастилов в направлении профилирования, полученные по результатам испытаний

№ пп	Наименование профилированного настила	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа
1	Н114-600-0,8	297	355
2	Н60-845-0,7	322	362

Следует отметить, что при проектировании покрытия расчетное сопротивление стали профилированных настилов было принято согласно [5] величиной $R_y = 220$ Мпа.

Также в процессе монтажа покрытия навеса были выполнены экспериментальные исследования деформированного состояния карт настилов с целью уточнения расчётных схем карт нижнего и верхнего настилов, определение их совместности работы. Исследования выполнялись в два этапа.

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.

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 с целой деления 0,01 мм.

В результате выполненных экспериментальных исследований деформированного состояния 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 картам нижнего настила, находящихся на консолях ригелей поперечных рам каркаса);

– 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.

Выводы.

1. Для профилированных настилов, изготовленных из сталей тонколистовых по ГОСТ 14918 [2] и ГОСТ 16523 [3], в сертификатах приводятся прочностные характеристики рулонной стали, определенные для образцов, отобранных поперек рулонов стали.

2. Для сталей по EN 10326, EN 10327 в соответствии с ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] прочностные характеристики стали определяются для образцов, с ориентацией продольной оси вдоль рулона стали.

3. В ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] существует возможность учета упрочнения стали вследствие холодного профилирования.

4. Открытым остается вопрос о проектировании в соответствии с ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] конструкций с применением профилированных настилов из тонколистовых сталей по ГОСТ 14918 [2] и ГОСТ 16523 [3], так как ТКП EN 1993-1-3-2009 [6] не распространяется на расчет элементов, изготовленных из данных сталей.

5. Современная номенклатура профилированного настила позволяет применять его при пролетах до 10 м и создавать новые виды конструкций покрытий

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 24045-2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия.

2. ГОСТ 14918-80 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия.

3. ГОСТ 16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия.

4. ГОСТ 11701-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент.

5. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*).

6. 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.

7. 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.» – № и 20130612 от 22.07.2013. Пол. реш. от 19.09.2013 № 9879.

8. 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.

9. ГОСТ 7564-97 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний.