

АНАЛИЗ СХЕМ РАСКЛАДКИ ПРОГОНОВ ИЗ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Т.Е. Легалова, А.А. Кикоть

Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

Проанализированы схемы раскладки прогонов из холодногнутой профили, выполнены расчеты для Z-образных профилей на вертикальную гравитационную и подъёмную (ветровую нагрузку). Определены наиболее рациональные схемы раскладки прогонов для Z-образных профилей.

Ключевые слова: *стальной тонкостенный холодногнутый профиль, Z-образное сечение, прогон, CFSteel 3.1.*

Эффективным направлением внедрения технологии ЛСТК на строительный рынок является применение тонкостенных профилей в качестве прогонов покрытий. Такие прогоны изготавливаются преимущественно методом холодной прокатки стальной оцинкованной полосы. Наиболее распространенными являются профили Z-, C- и Σ -образного сечения.

Целью данной работы является определение рациональных схем раскладки прогонов из холодногнутой Z-образной профили.

Анализ систем прогона, применяемых такими компаниями как Ayrshire, Metsec, Lindab Group, Stratco, Kingspan, Pruszynski показал, что наиболее распространенными являются следующие системы:

1. Разрезная однопролетная схема

Пргоны укладываются на несущие конструкции по однопролетной схеме без перехлестов и накладок. Данная система представлена на Рисунке 1.

2. Система Н.Е.В. – однопролетные прогоны с накладками или перехлестами

В основном применяются для зданий с пятью и более пролётами. Максимальный пролет достигает 15 метров. Усиленные прогоны располагаются в крайних шагах опорных конструкций. Соединения прогонов в единую конструкцию осуществляется с помощью накладок такого же сечения, как и прогон наружного шага и они длиннее, чем стандартные накладки. Все стыки внутренних прогонов осуществляются на накладках такого же сечения, как и прогоны во внутренних пролетах. Система является неразрезной балкой. Данная схема представлена на Рисунке 2.

Усиление крайних пролётов достигается двумя способами: увеличением толщины или применение двойного прогона.

3. Система Н.Е.В. – двухпролетные прогоны с накладками или перехлестами

Внутренние прогоны в двухпролетном исполнении. Соединения прогонов в единую конструкцию осуществляется с помощью накладок такого же сечения, как и прогон наружного шага и они длиннее, чем стандартные накладки. Все стыки внутренних прогонов осуществляются на накладках такого же сечения, как и прогоны во внутренних пролетах. Система является неразрезной балкой. Данная система представлена на Рисунке 3.

4. Система с накладками - однопролетные прогоны

Часто используются в относительно коротких зданиях, где невозможно использовать Н.Е.В. системы. Накладки обеспечивают неразрезность цепи прогонов, а также усиливают сечение прогонов на опоре. На предпоследней раме накладка устанавливается в любом случае. Данная система представлена на Рисунке 4.

5. Системы с перехлестами

Для зданий с количеством пролетов прогонов 4 и более. Усиленные прогоны располагаются в крайних шагах, а стандартные прогоны во внутренних шагах.

Неразрезность обеспечивается перехлестом в местах опирания. Чаще применяются для Z-образных прогонов. Данная система представлена для однопролетной схемы на Рисунке 5 и двухпролетной схемы на Рисунке 6.

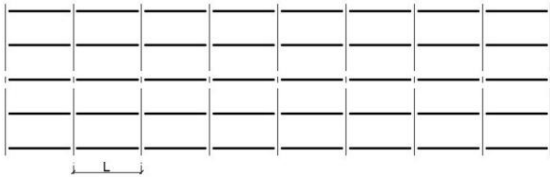


Рисунок 1 – Разрезная однопролетная схема

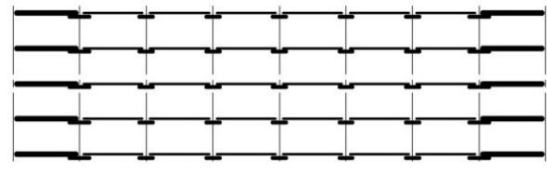


Рисунок 2 - Система Н.Е.В. – однопролетные прогоны с накладками или перехлестами

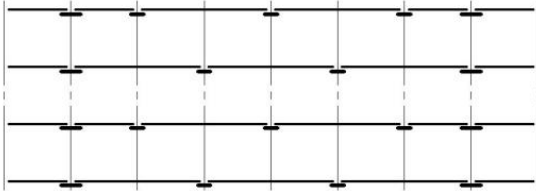


Рисунок 3- Система Н.Е.В. – двухпролётные прогоны с накладками или перехлестами

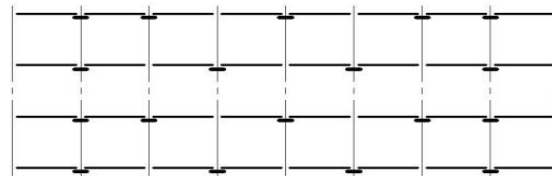


Рисунок 4 - Система с накладками - однопролетные прогоны

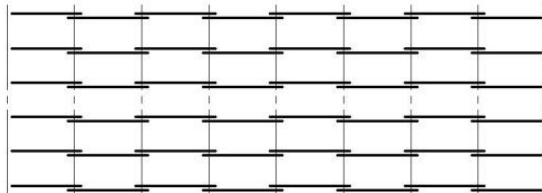


Рисунок 5 – Система однопролетная с перехлестами

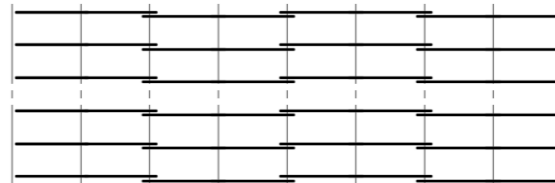


Рисунок 6 – Система двухпролетная с перехлестами

Из систем раскладки прогонов видно, что в основном они состоят из комбинаций однопролетной и двухпролетной схем с накладками или перехлестами и без них. Поэтому целесообразно рассчитать 4 вида схем раскладки прогонов: 1)однопролетная схема, 2)однопролетная схема с перехлестами, 3)двухпролетная схема, 4) двухпролетная схема с перехлестами.

В расчет в качестве примера был принят сортамент Z-образных профилей в соответствии СТО 001-79850813-2015 [5]. Уклон кровли: 6°, 15°, 25 °; длина пролета L=4,5 м, шаг прогонов 1,5 м, R_y=240Мпа.

Постоянная нагрузка от кровли 38,19кг/м²; снеговая нагрузка для прогонов 240 кг/м²(IV-снеговой район), в соответствии с [2].

Все расчеты выполнены с помощью специализированной программы расчета элементов и конструкций из стальных тонкостенных холодногнутых профилей CFSteel версии 3.1 [4], в которой расчёт прогонов выполняется в соответствии с положениями Раздела 10 EN 1993-1-3 [3]. Учитывались гравитационная нагрузка и постоянная нагрузка от отсоса ветра (III – ветровой район) [2].

В результате расчетов были подобраны сечения профилей прогонов Z-образного сечения, для кровли без связей и со связями: 1, 2 и 3 связи. В таблице 1 показаны результаты для однопролетной схемы и их запас несущей способности при прохождении проверок по I и II группе предельных состояний.

Таблица 1 – Профили однопролетной схемы

Уклон, град.	Связи, шт.	Гравитационная нагрузка					Подъёмная нагрузка		
		Сечение профиля	Вес 1 м.п., кг	Проверка прочност и по нормальным напряжениям(%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	Проверка прогибов(%)	Проверка прочност и по нормальным напряжениям(%)	Проверка устойчивости свободного пояса(%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)
6	0	Z220, t = 2,5мм	7,31	2,96	84,26	58,1875	91,5	88,9566	98,5
	1	Z250, t = 2,5мм	8,35	12,61	84,24	71,9565	93,8	92,3479	98,5
	2	Z200, t = 2,5мм	6,92	3,54	84,3	47,4913	90,8	89,6957	98,4
	3	Z200, t = 2,5мм	6,92	1,77	84,3	47,7913	90,8	90,4783	98,4
15	0	Z220, t = 2,5мм	7,31	5,76	84,72	59,3933	90,8	90,4783	98,4
	1	Z250, t = 2,5мм	8,35	15,12	84,69	72,7344	93,8	92,3478	98,5
	2	Z220, t = 2мм	5,91	2,66	76,42	49,7083	90,3	89,0417	97,6
	3	Z220, t = 2мм	5,91	0,69	76,42	49,7083	90,3	89,875	97,6
25	0	Z220, t = 2,5мм	7,31	11,57	85,67	61,9215	91,9	89,3333	98,5
	1	Z250, t = 2мм	6,69	3,79	76,83	67,9503	92,4	90,5	97,5
	2	Z220, t = 2мм	5,91	8,79	77,88	52,82	90,3	89,0833	97,6
	3	Z220, t = 2мм	5,91	6,94	77,88	52,82	90,3	89,9166	97,6

АНАЛИЗ СХЕМ РАСКЛАДКИ ПРОГОНОВ ИЗ ХОЛОДНОГНУТЫХ Z-ОБРАЗНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Аналогично расчету однопролетной двухпролетная схема с перехлёстами, схемы были рассчитаны: однопролетная данные представлены в таблице: 1,2 и 3 схема с перехлёстами; двухпролетная схема; соответственно.

Таблица 2 – Профили однопролетной схемы с перехлёстами

Уклон, град.	Связи, шт.	Сечение профиля	Гравитационная нагрузка					Подъёмная нагрузка			
			Вес 1 м.п., кг	Проверка прочност и по нормальным напряжением (%)	Проверка устойчивости свободно го пояса (%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	Проверка прогибов (%)	Проверка прочност и по нормальным напряжением (%)	Проверка устойчивости свободно го пояса (%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	
6	0	Z250, t = 2,5мм	8,35	44,86	11,2248	92,12	95,3326	95,9	97,33	98,7	
	1	Z200, t = 2мм	5,59	33,57	5,3455	78,19	89,1482	94,1	96	97,8	
	2	Z180, t = 2мм	5,27	34,04	14,013	78,23	86,0755	93,4	95,62	97,8	
	3	Z160, t = 2мм	4,95	24,16	3,9255	78,29	86,0755	92,2	95,25	97,8	
15	0	Z250, t = 2,5мм	8,35	46,45	13,7774	86,22	95,4493	95,7	97,21	98,6	
	1	Z200, t = 2мм	5,59	64,52	8,0671	78,81	89,4594	93,8	95,86	97,8	
	2	Z160, t = 2мм	4,95	24,64	1,9525	78,81	82,1082	91,9	94,69	97,8	
	3	Z160, t = 2мм	4,95	73,66	6,688	78,81	82,1082	95,2	96,6	98,6	
25	0	Z220, t = 2,5мм	7,31	38,57	5,5096	78,81	93,6212	93,2	95,34	97,8	
	1	Z180, t = 2мм	5,27	29,42	1,0196	80,16	87,2813	93,2	95,34	97,8	
	2	Z160, t = 2мм	4,95	29,29	8,0038	80,21	83,2361	92,2	94,9	97,8	
	3	Z160, t = 2мм	4,95	30,88	12,4471	80,21	83,2361	92,2	94,9	97,8	

Таблица 3 – Профили двухпролетной схемы

Уклон, град.	Связи, шт.	Сечение профиля	Гравитационная нагрузка					Подъёмная нагрузка			
			Вес 1 м.п., кг	Проверка прочност и по нормальным напряжением (%)	Проверка устойчивости свободно го пояса (%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	Проверка прогибов (%)	Проверка прочност и по нормальным напряжением (%)	Проверка устойчивости свободно го пояса (%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	
6	0	Z300, t = 2,5мм	10,31	24,46	7,3957	80,25	93,5434	95,1	97	98,2	
	1	Z250, t = 2мм	6,69	15,03	5,0875	68,22	85,3753	93,6	95,9	98,7	
15	0	Z250, t = 3мм	10,01	22,22	2,8214	68,79	90,5873	93,6	95,9	98,7	
	1	Z220, t = 2,5мм	7,31	11,38	1,3214	80,9	83,1195	91,6	94,04	98,1	
25	0	Z250, t = 3мм	10,01	27,02	8,8196	87,61	91,1707	93,9	96,12	98,8	
	1	Z220, t = 2,5мм	7,31	16,85	7,4118	82,08	84,1695	92	94	98,1	

Таблица 4 – Профили двухпролетной схемы с перехлёстами

Уклон, град.	Связи, шт.	Сечение профиля	Гравитационная нагрузка					Подъёмная нагрузка			
			Вес 1 м.п., кг	Проверка прочност и по нормальным напряжением (%)	Проверка устойчивости свободно го пояса (%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	Проверка прогибов (%)	Проверка прочност и по нормальным напряжением (%)	Проверка устойчивости свободно го пояса (%)	Проверка несущей способности на сдвиг (%)	
6	0	Z250, t = 3мм	10,01	30,71	5,5146	89,37	95,7605	95,3	97,47	99	
	1	Z220, t = 2мм	5,91	22,82	8,9459	77,61	90,5485	93	96,13	97,6	
15	0	Z250, t = 3мм	10,01	32,71	8,2335	89,67	95,8771	95,4	97,52	99	
	1	Z220, t = 2мм	5,91	25,04	7,7192	78,25	90,8207	93	96,13	97,6	
25	0	Z250, t = 3мм	10,01	36,86	13,8974	90,31	96,1105	95,5	97,56	99	
	1	Z200, t = 2мм	5,59	18,81	1,674	78,41	89,187	92,1	95,74	97,6	

По данным таблиц: 1,2,3 и 4 были построены графики зависимости массы 1 м.п. профиля от количества связей в схемах раскладки прогонов. Причем, в однопролетных схемах учитывалась возможность поставки от 0 до 3 связей; для двухпролетных схемах учитывались два варианта: с одной связью и без связей. Данные графики представлены на рисунке 6.

Из графика видно, что для однопролетной схемы, см. рисунок 6, добавление третьей связи никак не влияет на вес 1 п/м профиля, поэтому экономичнее применять 2 связи. Самые выгодные варианты при угле 15° и 25° с двумя

связями, самые не выгодные – с одной связью при угле 6° и 15°.

По графику для однопролетной схемы с перехлёстами, см. рисунок 6, можно сказать, что при добавлении связей уменьшается сечение профиля прогона, в результате чего вес 1 п/м уменьшается от 23 до 35%. Худшим вариантом являются схемы без связи с углом 6°, 15°, 25°. Разница в массе 1 м/п профиля при добавлении 1, 2 или 3 связей небольшая во всех трех случаях, поэтому по металлоёмкости выгоднее на 6 % схема с одной связью с углом 25° и по трудозатратам, чем схемы с 2-мя и 3-мя связями. Из графика для двухпролетной

схемы, см. рисунок 6, что двухпролетная схема не выгодна при схеме без связей, но выгодна при постановке 1 связи. При добавлении связей уменьшается сечение

профиля прогона, в результате чего вес 1 п/м уменьшается на 36%. Самой выгодной схемой является схема с 1 связью при угле 25°.

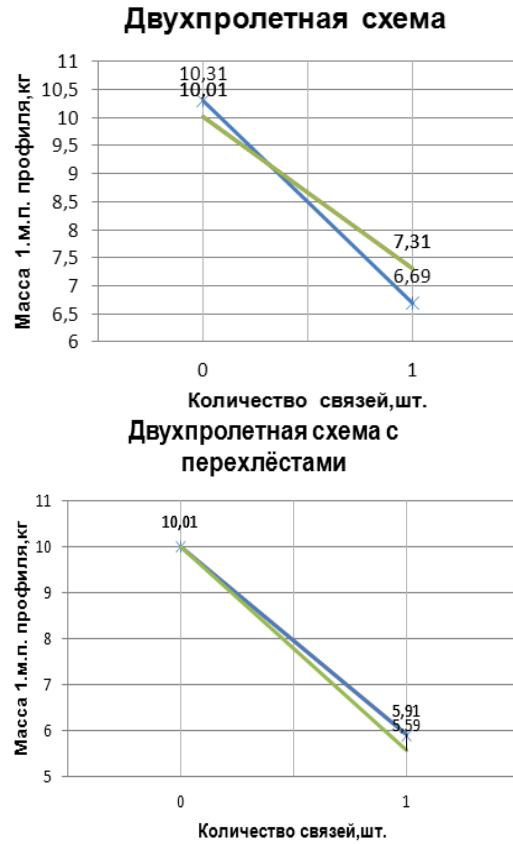
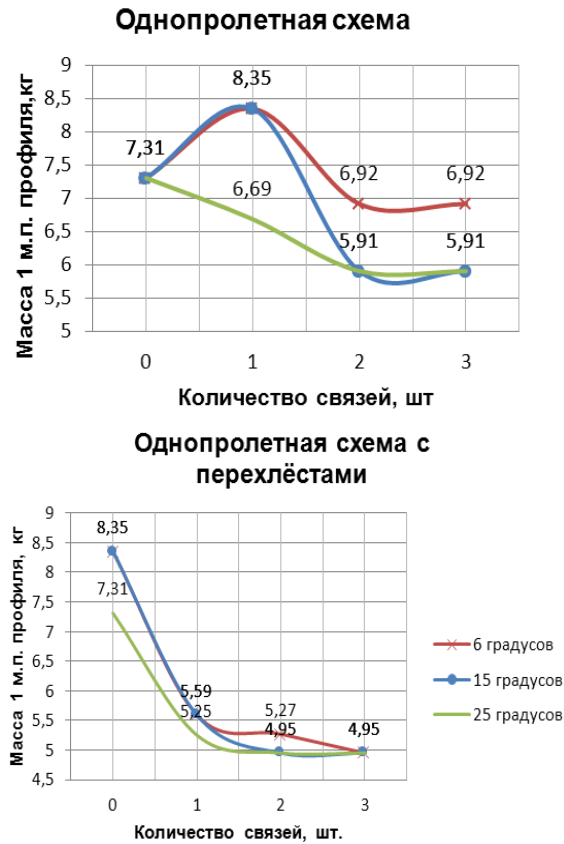


Рисунок 6 - графики зависимости массы 1 м.п. профиля от количества связей для схем раскладки прогонов

По графику для двухпролетной схемы с перехлёстами, см. рисунок 6, видно, что двухпролетная схема с перехлёстами не выгодна при схеме без связей, но выгодна при постановке 1 связи. При добавлении связей уменьшается сечение профиля прогона, в результате чего вес 1 п/м уменьшается на 44%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие накладок или перехлёстов снижает расход стали. Выбор рациональной схемы раскладки прогонов зависит от угла кровли. При угле 6° наиболее экономичной является однопролетная схема без связей, для 15° однопролетная с перехлёстами с двумя связями, для 25° однопролетная с перехлёстами с 1 и 2-мя связями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24045-94. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. - Москва: изд-во стандартов, 1994. - 4 с.

2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Введ. 2011-05-20. - М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2011. - 76 с.
 3. EN 1993-1-3: 2004. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. Brussels: CEN (European Committee of Standardisation), 2004.
 4. CFSteel v3.1. Руководство пользователя Программа расчёта элементов и конструкций из стальных тонкостенных холодногнутое профилей [Электронный ресурс] Электрон. версия печат. публ. URL: <http://cfsteel.ru/index.php/about/cfsteel-v31> (дата обращения: 25.03.2017)
 5. Стандарт организации 001-79850813 Профили холодногнутые из оцинкованной стали для строительства - М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко - Москва, 2015.

Легалова Т.Е. – магистр ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: tanya.legalova@mail.ru.

Кикоть А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: deltaing@mail.ru.

ANALYSIS OF COLD-FORMED PURLING SYSTEMS

T.E. Legalova, A.A. Kikot

Altai State Technical University
of. I. I. Polzunova, Barnaul

Analyzed schematic arrangement of purlins from cold-formed profiles, calculations for Z-shaped profiles on the vertical gravity and lift (wind load) are made. The most rational schemes of arrangement purlins for Z-shaped profiles are determined.

Key words: *steel thin-walled cold-formed profile, purlin, Z- shaped cross-section, CFSteel 3.1.*