

## Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы

*Д.т.н., профессор Н.И. Ватин;  
аспирант В.В. Володин;  
студент Е.А. Золотарева;  
студент К.В. Петров\**

*ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;  
Исполнительный директор Е.Н. Жмарин,  
ООО «БалтПрофиль»*

Нынешняя зима запомнится не только аномальными снегопадами, но еще и массовыми протечками крыш и многочисленными жертвами сосулек, длина которых больше метра отнюдь не редкость. По данным Агентства медико-социальной информации, всего за три дня с 26 по 28 февраля от упавших сосулек и снега в Петербурге пострадали 56 человек [1]. Глыбы льда падают прямо на середину тротуара, подвергая как прохожих, так и жителей домов большой опасности. Чтобы очистить крышу от снега и наледи, нужно перекрыть часть тротуара, а чтобы люди не попали под машину, обходя это место, перекрыть и часть дороги. А это уже необходимо согласовывать с ГИБДД, что требует длительного времени. Кровельщики за свою работу получают всего 15-30 рублей за квадратный метр кровли, что влечет пренебрежение средствами личной безопасности ради ускорения рабочего процесса. Борцы с сосульками нередко срываются вниз, чему в немалой степени способствует и техническое состояние петербургских крыш.

В России главным способом борьбы с обледенением является ручное механическое удаление наледи и сосулек с помощью лопат, ломов и других шанцевых инструментов. Скалывание льда с кровель и козырьков, покрытых тонким кровельным железом, влечет за собой неизбежное повреждение крыш и, как следствие, многочисленные протечки, возникает необходимость в постоянном привлечении значительных средств на ремонт.

Из общей площади петербургских кровель, которая, по данным Жилищного комитета, превышает на сегодняшний день 24 миллиона квадратных метров, более половины находится в неудовлетворительном состоянии. При этом в историческом центре города площадь крыш превышает 8 миллионов квадратных метров. Если в спальных районах неблагоприятное состояние кровли отражается прежде всего на потребительских качествах домов, то в центральных районах к этому добавляется еще и декоративно-эстетический аспект.

Согласно требованиям «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений», вступающего в силу 1 июля 2010 г., повышенное внимание уделяется именно надёжности и безопасности крыш, которые являются одним из важнейших наружных ограждений зданий [2]. Внедрение кровельных материалов, удовлетворяющих требованиям эксплуатации зданий и сооружений, а также защита кровли от наледи – основные задачи реформы жилищно-коммунального хозяйства.

В настоящее время минимальная продолжительность эффективной эксплуатации жилых домов до постановки на капитальный ремонт определена нормативными документами сроком в 15-20 лет. Между тем, продолжительность эксплуатации до капитального ремонта покрытий крыш из оцинкованной стали составляет 15 лет, из черной стали – 10 лет, кровель на основе битумно-рубероидных материалов – 10 лет. На практике мягкие кровли приходится капитально ремонтировать 1 раз в 6-8 лет из-за низкого качества и несоответствия современным требованиям к кровельным покрытиям. Таким образом, до момента постановки дома на капитальный ремонт приходится проводить как минимум 3 капитальных ремонта кровель на основе битумно-рубероидных материалов. Кроме мягкой, в ряде районов города есть и шиферная кровля, площадь которой составляет 551,5 тыс. м<sup>2</sup>. Продолжительность эксплуатации конструкций с шиферными покрытиями до постановки на капитальный ремонт определена сроком в 30 лет.

Ненадежность применяемых покрытий и невысокие сроки эксплуатации петербургских кровель порождают развитие новых строительных технологий. Достойным вариантом на сегодняшний день является применение каркаса из легких стальных конструкций (ЛСТК) в комплексе с изобретениями в области устройства антиобледенительных систем.

Защита кровли от наледи стала одной из основных задач по эксплуатации кровельных покрытий.

Ученые из Государственного океанографического института Росгидромета (ГОИН) предложили следующий способ предотвратить образование на крышах сосулек и наледи: необходимо лишь несколько доработать конструкцию крыши. Они изучили механизм образования льда на скатных крышах и выяснили, что снег на крышах тает даже в самую холодную погоду из-за тепла, проникающего с чердака, и от солнечной

Ватин Н.И., Володин В.В., Золотарева Е.А., Петров К.В., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы

радиации. Вода стекает к краю крыши (свесу), где, контактируя с холодной поверхностью, обдуваемой воздухом, замерзает и образует ледяную кайму.

Здесь лед постепенно накапливается, образуется наледь и из нее начинают «прорастать» сосульки [3].

Способствует образованию льда и конструкция водосточных труб: изгиб трубы у карниза неизбежно приводит к образованию ледяной пробки. Талая вода начинает течь поверх водосточных труб, образуя мощные сосульки. И сколь бы тщательно эксплуатирующие организации не относились к выполнению своих обязанностей, несчастные случаи неизбежны. Ведь конструктивные недоработки в обеспечении безопасности конструкции особыми условиями эксплуатации компенсировать невозможно.

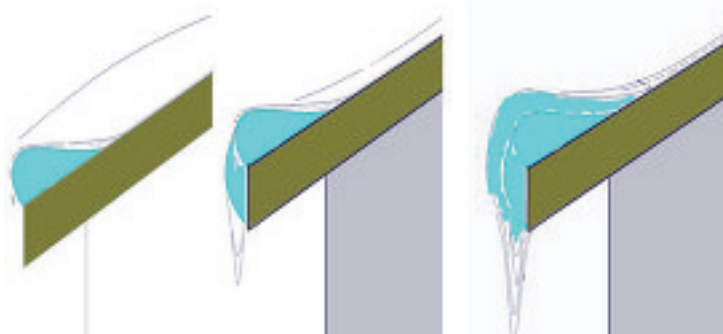


Рисунок 1. Схема образования наледи и сосулек

Специалисты ГОИН сформулировали три основных направления предотвращения образования сосулек: не дать талой воде попасть на холодный край крыши, снизить интенсивность таяния снега на основной плоскости кровли, снизить массу снега, который может накапливаться на свесах кровли.

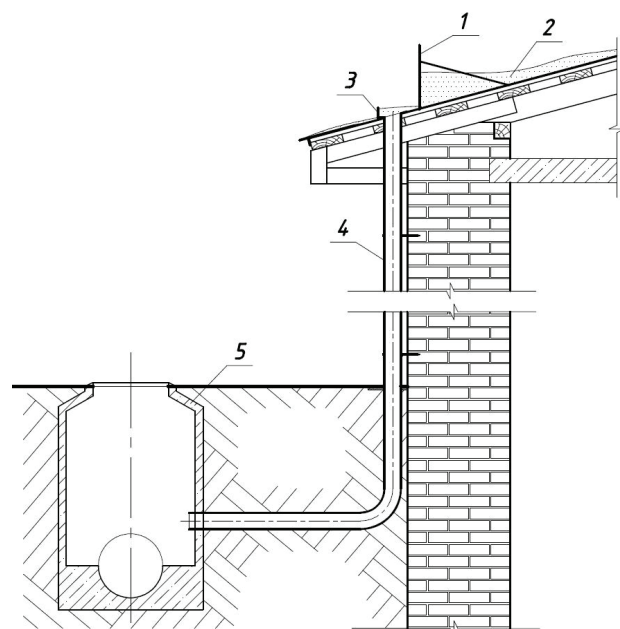


Рисунок 2. Предложенное конструктивное решение отвода талых вод:

- 1) защитное ограждение;
- 2) снежный покров;
- 3) водосточный желоб;
- 4) водосточная труба;
- 5) колодец городской сети водостока.

Нами предлагается использование в данной конструкции каркаса из легких стальных тонкостенных профилей (ЛСТК). Антиобледенительные установки, аналогичные приведенным выше, с использованием такого каркаса в течение многих лет успешно применяются в Европе и США.

Являясь открытой системой, концепция строительства из ЛСТК может применяться как самостоятельно, так и в сочетании с другими конструкциями (например, перекрытия и стропильная система из легких стальных профилей в быстровозводимых зданиях и сооружениях). Строительство при помощи ЛСТК широко практикуется во многих странах. Наиболее активны в этой области Швеция, США, Австралия, Финляндия, Дания, Голландия, Франция, Япония, Канада, Корея и др. В России эффективность предлагаемого метода подтверждена экспериментальной эксплуатацией переоборудованной крыши одного из зданий в центре Москвы. В результате эксперимента каких-либо проблем с наледью и сосульками не отмечено, а чистка кровли не потребовалась.

Предложенная технология предусматривает конструктивную доработку крыши: чтобы вода не попала на край кровли, водосточная труба должна «встретить» ее раньше, не обходя выступ карниза, а проходя сквозь него. В этом случае талые воды будут сразу же стекать вниз по водосточной трубе, не попадая на свесы. Если водосточная труба будет установлена вертикально на стене, пронизывая все выступающие конструктивные элементы, до системы подземного водостока, то время отвода воды будет сведено к минимуму, что снизит вероятность ее замерзания [3].

Водосточные желоба нужно устанавливать вдоль теплой зоны поверхности крыши, а водосточные трубы, пронизывающие карниз, должны быть прижаты к теплой стене здания. Оптимальным вариантом является случай, когда водосточные трубы уходят прямо в систему городского водостока, чтобы исключить замерзание в них талых вод, а также образование луж и наледи на тротуарах. Однако не везде есть такая возможность ввиду отсутствия существующей системы ливневой канализации [3].

Эффективность предлагаемого метода подтверждена экспериментальной эксплуатацией переоборудованной крыши одного из зданий в центре Москвы. В результате эксперимента каких-либо проблем с наледью и сосульками не отмечено, а чистка кровли не потребовалась.

Способ возведения зданий с использованием легких стальных тонкостенных конструкций стал реальной альтернативой традиционным методам общественного и жилищного строительства. Он позволяет значительно снизить материальные, трудовые и стоимостные показатели при массовом строительстве, сохраняя высокие качественные и эксплуатационные характеристики.

В настоящее время российский строительный комплекс освоил производство металлических профилей и технологию ЛСТК, которая может использоваться в любых элементах современных зданий. При реконструкции и капитальном ремонте жесткой кровли с заменой стропильных конструкций главным вопросом, особенно в историческом центре и районах старой застройки, является вес конструкций. Эксплуатируемые дома уже изношены: коррозия, климат, естественное старение. При надстройке очень важно «не перегрузить» их. Поэтому при реконструкции используются только легкие негорючие материалы, соответствующие всем санитарным нормам.

При реконструкции могут использоваться несколько технологий:

- каркас из черного металла;
- каркас из тонкостенных легких оцинкованных профилей;
- каркас из массива дерева;
- каркас из клееного бруса.

Применение черного металла в качестве каркаса влечет за собой промерзание конструкций и разрушение внутренней отделки. Необходимы крановая грузоподъемная техника, газорезательное и сварочное оборудование, приводящее к перегрузке электросетей ремонтируемого здания.

Каркас из массива дерева подвержен гниению, изменению геометрии вследствие усушки и подвержен воздействию насекомых, но является одним из самых дешевых вариантов. Обеспечение требуемых параметров огнестойкости невозможно при использовании дерева в конструкциях стропил и обрешетки. Для обеспечения требуемого времени огнестойкости необходимо пропитывать ограждающие деревянные конструкции антипиреном, который требует периодического возобновления. Возобновлять огнезащитные покрытия дерева внутри конструкции кровли без ее разборки не представляется возможным.

В местах контакта с деревом крепеж (даже оцинкованный) подвергается ускоренной коррозии из-за активной конденсации влаги в этом узле, вследствие разницы в теплоемкости и теплопроводности дерева и металла, что существенно снижает долговечность конструкции. Поэтому оптимальное решение варианта из деревянного массива – каркас из клееного бруса. Однако его стоимость превышает на 30-50% аналогичный каркас из ЛСТК.

Основные преимущества применения ЛСТК в реконструкции кровель:

- ЛСТК благодаря своим конструктивным особенностям решают главную проблему реконструкции старых зданий – снижение нагрузок, разрушающих стены;
- жесткая кровля с каркасом из ЛСТК имеет срок службы от 30 лет;
- конструктивные решения ЛСТК позволяют реализовывать «утепленные» и «холодные» варианты кровельного покрытия;
- антиобледенительные системы и устройства оптимально интегрируются с конструкциями ЛСТК;
- благодаря легкости элементов можно отказаться от тяжелой крановой техники, вести монтаж вручную, не причиняя жильцам никаких неудобств при реконструкции;
- отсутствие «мокрых» процессов позволяет вести работы круглый год;
- все работы проводятся без использования сварочного и газорезательного оборудования (что особенно важно на зданиях старого фонда из-за их повышенной огнеопасности).

### *Расчет экономической эффективности*

Расчет экономической эффективности реконструкции существующих кровель на жесткую кровлю с каркасом из ЛСТК проводился на примере комплекса зданий Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов площадью 15 900 м<sup>2</sup>. Смета на капитальный ремонт кровли с применением стропильных систем из горячекатаных профилей была сделана предприятием «Спецпроект Реставрация» в 1998 году и является архивным документом. Смета на реконструкцию кровли с заменой каркаса на ЛСТК и устройством антиобледенительной системы выполнена в первом квартале 2010 года с помощью программно-вычислительного комплекса «Сметный калькулятор В.3.1». Для анализа и сравнения двух смет, все цены в них были приведены к общему порядку с помощью переходных коэффициентов и индексов-дефляторов. Основные данные сметных расчетов приведены в таблицах 1, 2.

Сравнительный анализ экономической эффективности показал, что стоимость капитального ремонта жесткой кровли со стропильной системой из горячекатаных профилей и ее эксплуатации в течение 30 лет составит 5 220 руб/м<sup>2</sup>, а аналогичной кровли с ЛСТК с антиобледенительным устройством 3 790 руб/м<sup>2</sup>, что на Вагин Н.И., Володин В.В., Золотарева Е.А., Петров К.В., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы

27,5% дешевле и исключает какую-либо чистку кровли и образование наледи на прилегающих к зданию территориях.

**Таблица 1. Данные сметного расчета на капитальный ремонт кровли (1998 г.)**

№	Наименование	Общая стоимость, руб.	
<b>Раздел 1. Капитальный ремонт</b>			
1	Разборка кровли из кровельной стали	716,0	
2	Разборка покрытий выступающих частей стен	61,0	
3	Разборка обрешетки и стропильной системы	1 729,0	
4	Смена покрытий разжелобков	606,0	
5	Воссоздание утраченных металлических каркасов и металлических стропильных систем	553,0	
6	Рихтовка элементов металлической обрешетки (придание необходимой формы)	14,0	
7	Разборка водосточных труб	118,0	
8	Навеска прямых звеньев водосточных труб	5 870,0	
9	Воссоздание деструктурированных участков металлических стропильных систем	971,0	
10	Расчистка поверхности каркаса от коррозии и окраса	13 596,0	
11	Рядовое покрытие крыш кровельной оцинкованной сталью	49 020,0	
12	Покрытие выступающих частей кровельной сталью (ширина 0,8м)	2 247,0	
13	Смена покрытий настенных желобов и свесов	2 587,0	
14	Герметизация лежащих и стоячих фальцев	7 535,0	
15	Монтаж стропильной системы из металла	1 651,0	
16	Двутавр 50	19 428,22	
17	Монтаж обрешетки из уголков	1 047,0	
18	Уголок 44*40	5 305,52	
19	Грунтовка поверхности металлоконструкций	764,0	
	Итого прямые затраты по разделу в ценах 2010 г.	Зарплата	3 824 517
		Машины и механизмы	83 529
		Материалы	9 301 116
	К=1.1 на работы по экспл памятников, К=1.15 на стесненность, к=1.25 на работу на высоте	Зарплата	6 047 518
		Машины и механизмы	132 080
		Материалы	9 301 116
	Накладные расходы 120%*0,94		6 821 600
	Сметная прибыль 55%		3 326 135
	<b>Итого по разделу 1:</b>		<b>25 628 449</b>
<b>Раздел 2. Эксплуатация сроком в 30 лет</b>			
20	Текущая эксплуатация кровли на 30 лет		18 000 000
	Итого прямые затраты по разделу в ценах 2010г.	Зарплата	15 000 000
		Машины и механизмы	0
		Материалы	3 000 000
	Накладные расходы 120%*0,94		16 920 000
	Сметная прибыль 55%		8 250 000
	<b>Итого по разделу 2:</b>		<b>43 170 000</b>
	<b>Итого по смете с непредвиденными расходами 1%, НДС 18% и зимним удорожанием 1,2%:</b>		<b>82 977 919</b>
	<b>Итого на 1 квадратный метр кровли за 30 лет в ценах 2010г.:</b>		<b>5 219</b>

**Таблица 2. Данные сметного расчета на реконструкцию кровли с использованием каркаса из ЛСТК и антиобледенительной системы (2010 г.)**

№	Наименование	Общая стоимость, руб.
<b>Раздел 1. Демонтажные работы</b>		
1	Разборка кровли из кровельной стали	15 950,9
2	Разборка покрытий выступающих частей стен	943,0
3	Разборка обрешетки и стропильной системы	40 247,7
4	Разборка водосточных труб	2 217,9
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2001г.	Зарплата	54 718
	Машины и механизмы	4 670
	Материалы	0
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2010г.	Зарплата	567 428
	Машины и механизмы	31 863
	Материалы	0
Накладные расходы 120%*0,94 (ФОТ)		640 058
Сметная прибыль 55% (ФОТ)		312 085
<b>Итого по разделу 1:</b>		<b>1 551 434</b>
<b>Раздел 2. Металлоконструкции, кровля</b>		
5	Монтаж каркасов зданий: рамных коробчатого сечения	452 603,8
6	Стоимость металлоконструкций системы БалтПрофиль	16 695 000
7	Монтаж кровельного покрытия из: профилированного листа при высоте здания до 25 м	247 545,5
8	Металлочерепица оцинкованная, размером 1000x480x0,55	2 311 376,6
9	Ветрозащитная плёнка	216 769,5
10	Ветрозащитный подкровельный и стеновой материал	111 904,2
11	Покрытие выступающих частей кровельной сталью	83 210,7
12	Ограждение кровель перилами	64 176,9
13	Масляная окраска металлических поверхностей решеток, количество окрасок 2	18 163,49
14	Укладка ходовых досок	3 849,5
15	Установка чердачных окон	2405,3
16	Блоки оконные с жалюзийной створкой	22334,06
17	Скобяные изделия для оконных блоков со спаренными и одинарными переплетами для жилых зданий двухстворных (независимо от высоты)	60,92
18	Остекление оконным стеклом окон: с одинарным переплетом	1122,77
19	Улучшенная окраска масляными составами по дереву: заполнения проемов оконных	1295,89
20	Зашивка фанерой	438,71
21	Плиты древесностружечные многослойные и трёхслойные марки П-1 толщиной 15-17 мм	377,44
22	Фанера строительная из утолщенного шпона марки ФК, толщиной 8; 9,5 мм	823,64
23	Устройство по фермам настила: рабочего толщиной 40 мм сплошного (по периметру свеса)	279 151,0
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2001г.	Зарплата	233 092
	Машины и механизмы	254 168
	Материалы	20 024 973
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2010г.	Зарплата	2 417 163
	Машины и механизмы	1 734 185
	Материалы	33 957 580
К=1.1 на работы по экспл памятников, К=1.15 на стесненность, к=1.25 на работу на высоте	Зарплата	3 822 139
	Машины и механизмы	2 742 180
	Материалы	33 957 580
Накладные расходы 120%*0,94 (ФОТ)		4 311 373
Сметная прибыль 55% (ФОТ)		2 102 176
<b>Итого по разделу 2:</b>		<b>46 935 449</b>

Раздел 3. Устройство антиобледенительной системы		
24	Устройство желоба по периметру	110 778,8
25	Пробивка отверстий в карнизе (под водосточные трубы)	1 580,4
26	Навеска прямых звеньев водосточных труб	42 851,0
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2001г.	Зарплата	233 092
	Машины и механизмы	254 168
	Материалы	20 024 973
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2010г.	Зарплата	2 417 163
	Машины и механизмы	1 734 185
	Материалы	33 957 580
К=1.1 на работы по экспл памятников, К=1.15 на стесненность, к=1.25 на работу на высоте	Зарплата	3 822 139
	Машины и механизмы	2 742 180
	Материалы	33 957 580
Накладные расходы 120%•0,94 (ФОТ)		317 072
Сметная прибыль 55% (ФОТ)		154 601
<b>Итого по разделу 3:</b>		<b>1 495 382</b>
<b>Итого по смете с непредвиденными расходами 1%, НДС 18% и зимним удорожанием 1,2%:</b>		<b>60 283 690</b>
<b>Итого на 1 квадратный метр кровли за 30 лет в ценах 2010г.:</b>		<b>3 791</b>

Таким образом, предложенный вариант реконструкции кровли представляется экономически эффективным. Сочетание антиобледенительной системы с современными технологиями лёгких стальных тонкостенных конструкций дает не только решение проблемы сосулек, но и в целом гарантию длительной и надежной эксплуатации кровли.

### Литература

1. Агентство медико-социальной информации. Оперативная информация // <http://www.saphia.ru>.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений // <http://www.rg.ru/2009/12/31/tehreg-zdaniya-dok.html>.
3. Палей А.А. Обустройство крыши без наледи и сосулек // <http://oceanography.ru/content/blogcategory/0/66/>.
4. Жмарин Е.Н. Технология будущего – строительство облегчённых зданий и сооружений с применением термопрофилей и лёгких балок // Стройпрофиль, 2004, №5(35). С.83.
5. Рыбаков В.А., Гамаюнова О.С. Влияние перфорации стенки на несущую способность термопрофилей // Стройпрофиль, 2008, № 1(63). С. 128-130.
6. Легкие стальные тонкостенные конструкции в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал, №5, 2009. Спб, 2009.
7. ВСН 58-88(р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения».
8. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственный стандарт.

\* Клим Валерьевич Петров, Санкт-Петербург

Тел. моб.: +7(921)311-88-09; эл. почта: [petrovklm@gmail.com](mailto:petrovklm@gmail.com)