

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Коррозия стальных тонкостенных профилей в ограждающих конструкциях

В.Ю. Кузнецова^{1*}, Ю.Г. Барabanщиков²

¹⁻² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье

УДК 691.714:691-422

История

Подана в редакцию 26 марта 2016

Ключевые слова

тонкостенные оцинкованные стальные профили;
термопрофиль;
коррозия;
испытания на коррозию;
лакокрасочное защитное покрытие;

АННОТАЦИЯ

Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК), в частности, термопрофили, широко применяются при возведении каркасов зданий. Согласно последним внесенным в нормативную документацию изменениям оцинкованные термопрофили без дополнительного лакокрасочного покрытия допускается применять в качестве несущих конструкций только в условиях неагрессивной среды. Применение лакокрасочного покрытия в дополнение к цинковому влечет за собой дополнительные расходы, в то время, как эффективность такой меры может не соответствовать затратам. Решение данного вопроса требует проведения специальных исследований. Целью настоящей статьи является анализ условий протекания коррозии и разработка метода испытаний тонкостенных стальных изделий, с учетом особенностей их службы в ограждающих конструкциях.

Содержание

1.	Введение	8
2.	Обзор литературы и постановка цели	8
3.	Методы испытания на коррозию	11
4.	Первоначальные результаты и обсуждение	12
5.	Заключение	13

Контактный автор:

- 1*. +7(931)9626627, orange3003@yandex.ru (Кузнецова Валерия Юрьевна, студент)
2. +7(812)5341286, ugb@mail.ru (Барabanщиков Юрий Германович, д.т.н., профессор)

1. Введение

Каркасная технология в строительстве существует достаточно давно. Ее применение снижает трудоемкость и сокращает время строительства. В качестве конструктивных материалов для каркасов зданий, используются древесина, сталь, железобетон и другие. В последнее время получили развитие конструкции из тонкостенных стальных оцинкованных профилей. Такие конструкции технологичны, но обладают двумя существенными недостатками, присущими стали: невысокой коррозионной стойкостью и высокой теплопроводностью.

Увеличить сопротивление теплопередаче тонкостенных стальных профилей удалось шведским инженерам. Они создали термопрофиль, который, несмотря на высокую теплопроводность стали, обладает высоким сопротивлением теплопередаче и по данному показателю может сравниться с деревянными брусками, достаточно широко применяемыми в каркасном строительстве. Термопрофиль изготавливают из оцинкованного тонкостенного стального листа толщиной не более двух миллиметров С-образного сечения с перфорацией – продольными прорезями, расположенными в шахматном порядке (рис. 1). Уменьшение площади теплопередачи обуславливает увеличение термического сопротивления ограждающей конструкции.

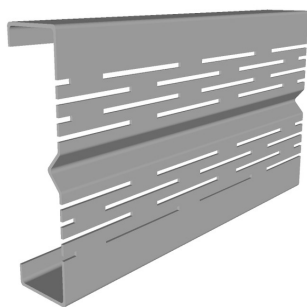


Рис. 1. Термопрофиль

Благодаря данной особенности сечения снижается вес конструкции, возрастают ее звукоизоляционные и энергосберегающие свойства [1]. Поэтому термопрофиль успешно конкурирует с другими материалами, используемыми для каркасного строительства. Ограждающая конструкция с применением термопрофиля обходится дешевле, чем с применением древесины на 15-20 % при более высоких эксплуатационных характеристиках [2].

Создание термопрофиля значительно расширило возможности применения легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) из холодногнутых оцинкованных профилей. До этого ЛСТК применялись практически только внутри помещений, в основном для монтажа гипсокартонных листов. Основные области применения технологии ЛСТК в России и за рубежом – строительство малоэтажных зданий жилого, общественного и производственного назначения, где термопрофили применяются в качестве каркасного материала не только для внутренних, но и для наружных стен.

2. Обзор литературы и постановка цели

Технология ЛСТК характеризуется легкостью выполнения монтажных работ, отсутствием необходимости устройства фундаментов глубокого заложения, широкими возможностями для архитектурных решений, наличием большого количества вариантов фасадных систем, возможностью ведения строительства в любое время года [3,4].

ЛСТК применяются не только при строительстве каркасов зданий, а также и в составе несущих элементов в мостовых конструкциях [5].

Рынок тонкостенных стальных конструкций постепенно расширяется. Так, например, помимо традиционных термопрофилей с продольными прорезями производители ЛСТК уже стали выпускать новый тип термопрофилей с сетчатой перфорацией, преимущество которых является экономия металла при их изготовлении.

В работе [6] М.К. Бронзова и другие рассматривают новую конструкцию каркасных зданий, которая представляет собой сочетание каркаса из ЛСТК и пенобетона. Изучение особенностей данной конструкции показало, что она обладает рядом преимуществ: высокие энергосберегающие свойства, низкая теплопроводность и низкая эксплуатационная стоимость. В то же время следует отметить, что контакт стальных профилей с пористой средой, содержащей влагу в случае конденсации, может привести к интенсивной электрохимической коррозии металла. Строительные правила СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» не исключают возможности конденсации водяного пара в ограждении, предъявляя только требование по недопущению влагонакопления.

Во всех случаях применения термопрофилей в наружных ограждающих конструкциях проблема коррозии стальных изделий может встать достаточно остро. Это обусловлено, с одной стороны, повышенной (за счет прорезей) площадью реакционноспособной поверхности, с другой стороны, контактом термопрофилей с теплоизоляционным материалом, содержащим сорбционную, а при достижении точки росы, и капиллярную влагу с растворенными в ней продуктами разложения утеплителя и другими веществами. Такая влага, обладающая ионной проводимостью, является прекрасной средой для протекания электрохимической коррозии.

П. Хрэдил (P. Hradil) и другие в работе [7] проводили исследования ограждающих конструкций конкретных зданий, расположенных в условиях климата Скандинавских стран, с целью оценки эффективности ремонта по восстановлению данных конструкций. В результате они сделали вывод, что главной причиной разрушения ограждающих конструкций является повышенная влажность строительных материалов.

В работе [8] В. Пухкэл (V. Pukhkal) и другие поднимают проблему образования конденсата на поверхности конструкций наружных стен на примере климатического района Республики Сербия. В результате анализа условий влажности стен были разработаны рекомендации по устройству гидроизоляции.

В работе [9] В. Пухкэл (V. Pukhkal) также проводит анализ условий влажности наружных стен, в конструкциях которых в качестве утеплителя используются минераловатные плиты. В статье акцентируется внимание на том, что условия высокой влажности в ограждающих конструкциях могут привести к уменьшению тепловых свойств и, следовательно, увеличению тепловых потерь через конструкции.

Ч. Сейджуд (Charles Sejud) и Дж.-К. Лесака (Jean-Claude Lesaca) в работе [10] рассматривают влияние влажности строительных материалов на работу наружных стен в целом. Результаты представленных исследований помогают проектировщику найти правильное решение при создании ограждающих конструкций зданий.

Воздушная среда большинства районов России характеризуется значительной загрязненностью при высокой влажности и, согласно СП 28.13330-2012, является агрессивной средой для эксплуатации металлоконструкций.

С целью защиты от коррозии стальные профили при изготовлении подвергаются горячему оцинкованию. Считается, что это обеспечивает защиту стальных профилей от коррозии в течение не менее 30 лет, если соблюдаются условия их эксплуатации [11]. В соответствии с действующим СП 28.13330, 2012 Защита строительных конструкций от коррозии и Рекомендациями ЦНИИПСК им.Мельникова по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутых стальных оцинкованных профилей производства ООО «Балт-Профиль», термопрофили, используемые в качестве несущих элементов, без дополнительного лакокрасочного покрытия допускается применять только в условиях неагрессивной воздушной среды (с относительной влажностью воздуха не более 65%). В условиях Санкт-Петербурга со средней за год относительной влажностью воздуха около 75% [12] применение ЛСТК без дополнительного лакокрасочного покрытия не допускается.

Применение лакокрасочного покрытия в дополнение к цинковому влечет за собой дополнительные немалые расходы, удлинение сроков строительства, в то время как эффективность такой меры может не соответствовать затратам. С учетом того, что ЛСТК в России применяются в качестве несущих конструкций уже не только в малоэтажном, но и в многоэтажном строительстве [13], требования могут быть еще более ужесточены.

Решение данного вопроса требует проведения специальных исследований.

Целью настоящей работы является разработка метода испытаний на коррозию тонкостенных стальных изделий с учетом особенностей их службы в ограждающих конструкциях. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор и анализ условий, влияющих на протекание коррозионных процессов, и существующих методов экспериментальных исследований коррозии металла;
- провести предварительные испытания.

Работы, посвященные исследованиям ЛСТК, в основном касались оценки их механических свойств и в значительно меньшей степени коррозионной стойкости.

Так, например, В.А. Рыбаков и О.С. Гамаюнова в работе [14] проводили анализ напряженно-деформированного состояния в тонкостенных стальных профилях. В результате был предложен алгоритм расчета тонкостенных конструкций.

В работе [15] Н. Ватин (N. Vatin) и другие проводят исследования деформации под нагрузкой холодногнутых стальных профилей с изначальными отклонениями геометрических размеров (в результате производственного процесса). Результаты исследования показали, что изначальные геометрические отклонения способствуют уменьшению предельно допустимых нагрузок, прикладываемых к конструкциям.

Д. Трубина (D. Trubina) и другие в работах [16,17] особое внимание уделяют исследованиям локальной деформации тонкостенных стальных профилей.

М. Гарифуллин (M. Garifullin) и другие в работе [18] рассматривали деформацию нового типа стальных профилей с сетчатой перфорацией. А также проводили сравнительный анализ деформации нового типа профиля и традиционного профиля с продольными прорезями. Сравнительный анализ показал, что эти два типа профиля имеют практически одинаковые значения сил, вызывающих потерю устойчивости при продольном изгибе.

В работе [19] Н. Ватин (N. Vatin) и другие проводят анализ потери устойчивости нового типа профиля с сетчатой перфорацией. В исследовании применялся численный метод конечных элементов.

Й. Хе (Y. He) и Й. Вонг (Y. Wang) в работе [20] проводили исследования влияния повышенных температур на деформацию закрепленных болтами тонкостенных конструкций.

В Центральной лаборатории строительных конструкций ННГАСУ проводились испытания по определению предела прочности стальных тонкостенных профилей при их работе в разных условиях [21].

Компания ЙорисИде (JorisIde), занимающаяся изготовлением тонкостенных профилей и разработкой каркасных конструкций зданий с применением данных профилей, перед тем, как отправить разработанный проект в серийное производство, постоянно испытывают применяемые в нем конструкции на предельные нагрузки [22].

В исследовательском проекте [23] проводились долгосрочные (в течение 35000 часов) лабораторные испытания ЛСТК на коррозию при контакте металла с теплоизоляционным материалом. Исследовалось влияние на коррозию термопрофиля таких утеплителей, как минеральная вата, стекловата и целлюлозное волокно. Испытания проводили при относительной влажности воздуха 85% и температуре 23 °С, а также в условиях непрерывной конденсации при температуре 40 °С. В обоих случаях результаты показали, что коррозионные процессы наименьшим образом проявляются при контакте термопрофиля с минватой.

Исследовательская работа [24], проведенная Научно-исследовательским центром Национальной Ассоциации Жилищно-строительных фирм (National Association of Home Builders) и профинансированных Международной цинковой ассоциацией (International Zinc Association), содержит краткое изложение отчета по результатам испытаний стальных оцинкованных конструкций на коррозионную стойкость. Испытания проводились в жилых домах Америки и Канады в течение 10 лет. В итоге было установлено, что срок службы стальных образцов с цинковым покрытием составляет более 150 лет в условиях агрессивной среды.

М.В. Ананина в работе [25] изучала зависимость коррозии металла от механических напряжений при растяжении, сжатии, кручении, состава металла (содержания углерода, размер зерна и т.п.), а также от формы конструкции.

Изучением атмосферной коррозии металлов, созданием теории занимались многие ученые, в том числе Н.П. Жук, Ю.Н. Михайловский.

По их наблюдениям, влажность воздуха является одним из главных факторов, способствующих образованию на поверхности металла пленки влаги, которая является средой для электрохимической коррозии. Скорость атмосферной коррозии возрастает с увеличением относительной влажности воздуха. При этом в большинстве практических случаев (в химически загрязненной атмосфере) скорость коррозии металлов резко увеличивается только по достижении некоторой определенной относительной влажности воздуха (критической влажности), значение которой зависит от состояния поверхности металла и состава атмосферы. Многочисленные опыты, проводившиеся при постепенном увеличении влажности, показали, что в химически загрязненной атмосфере значение критической влажности лежит в промежутке между 60 и 70%.

Как уже было отмечено выше, средняя влажность воздуха в городе Санкт-Петербурге составляет 75%, что превышает значение критической влажности.

Другим фактором, влияющим на скорость коррозии, является состав атмосферы. Многочисленные исследования во всем мире показали, что наличие в воздухе примесей посторонних газов, не входящих в элементарный состав воздуха (SO_2 , SO_3 , H_2S , NH_3 , Cl_2 , HCl), и твердых частиц (NaCl , Na_2SO_4) способствует значительному увеличению скорости протекания коррозионных процессов. Следовательно, наиболее агрессивной средой для металлов является атмосфера промышленных районов.

Санкт-Петербург – промышленный мегаполис с развитой сетью транспортных магистралей. По данным, взятым с экологического портала Санкт-Петербурга, основными загрязняющими веществами в атмосфере являются оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, взвешенные вещества (пыль), которые поступают в атмосферный воздух города от выбросов предприятий теплоэнергетики, промышленности, и от транспорта. По данным автоматизированной системы мониторинга (АСМ), измерение концентраций рассматриваемых веществ в 2013 году показало, что наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха города вносит диоксид азота [26]. Но, несмотря на свою относительно небольшую концентрацию, самыми агрессивными веществами, способствующими увеличению скорости коррозии металла, будут являться оксид углерода и твердые частицы солей.

Еще одним немаловажным фактором, влияющим на скорость протекания коррозионных процессов, является температура. С одной стороны, повышение температуры увеличивает скорость реакции, но, с другой стороны, может способствовать замедлению электрохимической коррозии, т.к. при высоких температурах сорбционная влага быстро испаряется и длительность контакта металла с электролитом сокращается. Наоборот, при пониженных температурах электрохимическая коррозия может протекать достаточно долго. По этой причине скорость коррозии металлов в северных районах нашей страны, в частности в Санкт-Петербурге, значительно выше, чем в южных районах. Но, при сочетании высокой

температуры со значительным по времени контактом электролита с поверхностью металла, имеют место значительные коррозионные разрушения.

3. Методы испытания на коррозию

Все вышеперечисленные факторы, тем или иным образом влияющие на атмосферную коррозию, должны учитываться при проведении различного рода коррозионных испытаний металлических конструкций. Методы ускоренных коррозионных испытаний металлов рассматривались и разрабатывались такими учеными как И.Л. Розенфельд, К.А. Жигалова, Н.П. Жук, К.А. Кайдриков и другие. В результате обзора литературы был выделен ряд основных методов, которые используются для проведения ускоренных испытаний. Основные данные по ним сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные методы ускоренных испытаний

Условия проведения испытания	Условия эксплуатации конструкций	Характеристика испытаний
При полном погружении в электролиты	В морской или речной воде, или при воздействии грунтовых вод	Выдерживание образцов в растворе электролитов NaCl, H ₂ O ₂ , H ₂ S, Na ₂ SO ₄ и др. в открытом сосуде или в специальных установках при различных температурах вплоть до 140 °С.
При периодическом погружении в электролиты	В зоне переменного уровня воды	Периодическое погружение образцов в раствор электролита с последующим высушиванием при температуре до 50-60 °С.
При периодическом поверхностном смачивании электролитами	В непосредственной близости от водного бассейна (моря, реки, океана)	Периодическое орошение образцов в камере (1-2 раза за цикл) раствором хлористого натрия; Или других электролитов при различных температурах до 50 °С.
В условиях, имитирующих конденсацию	В атмосфере при периодической конденсации влаги	Периодическое смачивание и высушивание образцов, находящихся в закрытой камере при температуре 52 °С, раствором, состоящим из NaCl, CaCl ₂ , H ₂ SO ₄ или при постоянной относительной влажности 100 % и изменяющейся температуре от 20 до 80 °С.

Данные табл. 1 показывают, что для проведения ускоренных коррозионных испытаний в лабораторных условиях выбирают жесткие условия – высокую относительную влажность воздуха, высокую температуру, повышенное содержание агрессивных веществ.

На основании накопленного в литературе опыта проведения коррозионных испытаний можно сформулировать ряд положений, которые позволят получить достоверные результаты:

- состав и свойства коррозионной среды для выдержки образцов должны соответствовать реальной агрессивной среде, но для сокращения длительности испытания возможно повышение агрессивности среды за счет увеличения концентрации реагентов;

- в ряде случаев авторы ускоряли коррозионный процесс, повышая температуру среды, но, как правило, ограничивались пределом в (50-60) °С. Это ограничение вызвано интенсивным испарением жидкости при повышенной температуре. Более высокие температуры применяли в закрытых аппаратах при повышении давления;

- в качестве показателя коррозии, чаще всего, используется внешний вид образцов, потеря ими массы, уменьшение размеров, изменение химического состава;

- применение знакопеременных факторов (увлажнение-высушивание, нагревание-охлаждение, сжатие-растяжение) позволяет существенно ускорить процесс коррозии.

Целью испытаний в данной работе является оценка эффективности лакокрасочного покрытия в качестве защиты от коррозии металлических профилей внутри ограждающих конструкций. При этом металлические элементы должны находиться в контакте с пористым материалом (утеплителем), в порах которого может содержаться капельножидкая влага, способная перемещаться на металл путем капиллярного или пленочного механизма.

С учетом перечисленных выше требований и, соблюдая соответствия условий опыта условиям эксплуатации материала, принята схема испытания на коррозию, показанная на рис. 2.



Рис.2. Схема испытания тонкостенных стальных изделий на коррозию в условиях контакта с пористым материалом (утеплителем)

Образцы из тонкой листовой стали, укладываются на подкладки из пористого материала, которые размещаются в ванне с агрессивным раствором. При этом площадь поверхности образца больше площади утеплителя, на которую он опирается. Таким образом, часть площади образца подвергается воздействию парообразных веществ. В закрытой ванне устанавливается предельное значение равновесной влажности с возможностью конденсации и последующего испарения влаги при колебаниях температуры. В качестве агрессивной среды принято использовать раствор следующего состава: 1% CaCl_2 + 1% NaCl + 0,1% H_2SO_4 (по массе). Уровень раствора не должен доходить до нижней поверхности образца на 1/3 высоты пористой подкладки. В качестве пористой подкладки необходимо использовать теплоизоляционный материал с высоким значением открытой пористости, например, минераловатные плиты или эластичный пенополиуретан. Последний является наиболее предпочтительным, так как хорошо впитывает и удерживает влагу. По капиллярам пористой подкладки жидкость поднимается к образцу, смачивает поверхность металла и частично испаряется. Данная схема позволяет осуществить знакопеременное воздействие на металл (увлажнение - высушивание) даже при естественных колебаниях температуры дня и ночи. Испытанию могут подвергаться образцы с различными защитными покрытиями. При сравнительных испытаниях необходимо создать всем образцам равные условия: одинаковую высоту и контактную площадь пористых подкладок; одинаковый уровень агрессивной жидкости; одинаковый температурный режим и т.п.

В качестве показателя коррозии в данном случае целесообразно принять потерю веса образца после удаления с него продуктов реакции и солевых остатков. Не исключается и визуальный осмотр состояния поверхности. Путем периодического взвешивания металлических образцов определяется кинетика коррозионного процесса. Скорость коррозии определяется по следующей формуле:

$$v = \frac{m_0 - m_1}{F \cdot t},$$

где v – скорость коррозии, г/(м²·год);

m_0 – первоначальная масса образца, г;

m_1 – масса образца после коррозии, г;

F – площадь поверхности образца, м²;

t – время, в течение которого образцы подвергались коррозии, ч.

4. Первоначальные результаты и обсуждение

В работе исследуются защитные свойства трех видов покрытий тонкостенных стальных образцов. На данном этапе получены первые, предварительные результаты исследования образцов на коррозию, так как испытания еще не закончены. На рис.3 представлен общий вид коррозионной ванны с образцами и внешний вид образцов с обратной стороны для срока 5 недель после начала испытания. Для данного срока потери массы образцов незначительны и лежат в пределах погрешности испытания, поэтому оценка степени коррозии производилась визуально.

Судя по внешнему виду образцов, наибольшему разрушению подверглись образцы без защитного покрытия, а наименьшему – оцинкованные с дополнительным лакокрасочным покрытием. Из одинарных покрытий оцинковка в данных условиях оказалась менее стойкой, чем лакокрасочное покрытие, вероятно, по причине электрохимической коррозии. Таким образом, по предварительным данным можно заключить, что наиболее эффективной мерой защиты стальных образцов от коррозии является оцинковка с дополнительным лакокрасочным покрытием.



Рис.3. Предварительные результаты испытания стальных образцов на коррозию.
Виды покрытия стальных образцов: 1,2 – оцинковка с дополнительным лакокрасочным покрытием;
3,4 – оцинковка; 5,6 – без покрытия; 7,8 – лакокрасочное покрытие.

5. Заключение

По результатам проведенного обзора и первоначальным данным испытания стальных образцов можно сделать следующие выводы:

1. Подтверждена актуальность исследований в области коррозионной стойкости и защиты тонкостенных стальных профилей, и особенно термопрофиля, при службе их в составе ограждающих конструкций, внутри которых возможна периодическая конденсация влаги.

2. На основе анализа условий, влияющих на протекание коррозионных процессов, и существующих методов экспериментальных исследований коррозии металла разработан метод испытания, соответствующий условиям эксплуатации материала и позволяющий осуществить знакопеременное воздействие на металл (увлажнение - высушивание) при колебаниях температуры.

3. Проведены предварительные испытания, результаты которых показали, что наиболее эффективной мерой защиты стальных образцов от коррозии является оцинковка с дополнительным лакокрасочным покрытием. Одинарное цинковое покрытие хуже защищает сталь от коррозии, чем покрытие только лакокрасочным составом, вероятно по причине электрохимических процессов.

Литература

- [1]. Рыбальченко Д.В., Ватин Н.И. Строительство облегченных зданий и сооружений с применением термопрофилей и легких балок // XXXVI неделя науки СПбГПУ: материалы Всероссийской межвуз. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; Совет СПбГПУ по научно-исследовательской работе студентов. СПб. 2009.
- [2]. Жмарин Е.Н. ЛСТК - инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье...» // Стройпрофиль: журнал для профессионалов. СПб. 2007. №6(60). С.166-168.
- [3]. Ватин Н.И., Попова Е.Н. Термопрофиль в легких стальных строительных конструкциях // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. СПб. 2006.
- [4]. Sanyuan Shi, Juan Yu. Development of Chinese Light Steel Construction Residential Buildings. Journal of Sustainable Development. 2009. Vol. 2. No. 3. Pp. 134-138.
- [5]. Ватин Н.И., Синельников А.С. Холодногнутый стальной профиль в малых мостовых конструкциях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №3. С. 39–51.
- [6]. Бронзова М.К., Ватин Н.И., Гарифуллин М.Р. Конструкция каркасных зданий с применением монолитного пенобетона // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 1 (28). С. 74–90.
- [7]. Hradil P., Toratti T., Vesikari E., Ferreira M., Hakkinen T. Durability considerations of refurbished external walls. Construction and Building Materials. 2014. Vol. 53. Pp. 162-172.
- [8]. Pukhkal V., Tanić M., Vatin N., Murgul V. Studying humidity conditions in the design of building envelopes of "passive house" (in the case of Serbia). Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Issue 1. Pp. 864-869.
- [9]. Victor Pukhkal. Humidity Conditions for Exterior Walls Insulation (Case Study of Residential Housing Development in Saint Petersburg). 2015. Vol. 117. Pp. 616-623.
- [10]. Charles Sejud, Jean-Claude Lesaca. The effect of heat flow and moisture on the exterior enclosure. Perkins+Will Research Journal. 2010. Vol. 02.01. Pp. 22-40.
- [11]. Ведяков И.И., Одесский П.Д. Защита от коррозии стальных строительных конструкций цинкованием // Вестник ВолгГАСУ. 2013. №31(50). Ч.2. Строительные науки. С. 20-23.
- [12]. Игонин Т.Н. Атмосферная коррозия углеродистой стали и цинка: моделирование и картографирование территории Российской Федерации: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук: специальность 05.17.03. М. 2012. 25 с.
- [13]. Советников Д.О., Виденков Н.В., Трубина Д.А. Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30). С. 152-165.
- [14]. Рыбаков В.А., Гамаюнова О.С. Напряженно-деформированное состояние элементов каркасных сооружений из тонкостенных стержней // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7 (12). С. 79–123.
- [15]. Vatin, N.I., Nazmeeva, T., Guslinsky, R. Problems of cold-bent notched C-shaped profile members. Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941-944. Pp. 1871-1875.
- [16]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Garifullin M.R. The loss of local stability of thin-walled steel profiles. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1052-1057.
- [17]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Effect of constructional measures on the total and local loss stability of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 982-990.
- [18]. Garifullin M., Bronzova M., Sinelnikov A., Vatin N. Buckling analysis of cold-formed C-shaped columns with reticular-stretched perforations. Interdisciplinarity in Theory and Practice. 2015. Vol. 7. P. 163-169.
- [19]. Vatin N., Havula J., Martikainen L., Sinelnikov A., Shurovkina L.L. Reticular-Stretched Thermo-Profile: Buckling of the Perforated Web as a Single Plate // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 722–727.
- [20]. He Y.S., Wang Y.C. Load-deflection behavior of thin-walled bolted plates in shear at elevated temperatures. Thin-Walled Structures. 2016. Vol. 98. Part A. Pp. 127-142.
- [21]. Волгоспецстрой (ЛСТК). Лабораторные испытания [Электронный ресурс]. URL: http://www.vsstroi.ru/sci_work.php (дата обращения: 15.02.2015).
- [22]. Быстровозводимые здания ЛСТК от JorisIde [Электронный ресурс]. URL: <http://www.joriside.ru/ru/kachestvo-konstruktsiy> (дата обращения: 15.02.2015).
- [23]. Термовлажностные испытания ЛСТК [Электронный ресурс]. URL: <http://про51.рф/испытания-лстк/> (дата обращения: 15.02.2015).

- [24]. Association of International Zinc Association, National Home Builders (NAHB). Долговечность оцинкованных стальных конструкций в жилых зданиях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 1 (6). С. 11–17.
- [25]. Ананина М.В. Влияние коррозии на легкие стальные тонкостенные конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 7(22). С. 55-70.
- [26]. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=53> (дата обращения: 08.02.2015).

Corrosion of the steel thin-walled profiles in the enclosure structures

V.Yu. Kuznetsova^{1*}, Yu.G. Barabanshchikov²

¹⁻² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO	Article history	Keywords
scientific article doi:	Received 26 March 2016	thin-walled galvanized steel profiles; thermal profile; corrosion; procedure for corrosion testing; protecting coating of paint;

ABSTRACT

Light steel thin-walled structures (LSTS), in particular, thermoprofiles are widely used in construction of building frames. According to the latest amendments in the documentary standards, zinc coated thermoprofiles without additional paint coating may be used as load-bearing structures only in non-aggressive conditions. Applying paint coating in addition to a zinc one entails extra expenses, while efficiency of this measure may not correspond to the costs. Resolving this issue requires special researches. The purpose of this article is to analyze conditions of corrosion processes and to develop methods of testing thin-walled steel products, taking into account the features of their service in walling.

Corresponding author:

- 1*. +7(931)9626627, orange3003@yandex.ru (Valeria Yurievna Kuznetsova, Student)
2. +7(812)5341286, ugb@mail.ru (Yuriy Germanovich Barabanshchikov, PhD, Professor)

References

- [1]. Rybalchenko D.V., Vatin N.I. Stroitelstvo oblegchennykh zdaniy i sooruzheniy s primeneniym termoprofiley i legkikh balok // XXXVI nedelya nauki SPbGPU: materialy Vserossiyskoy mezhvuz. nauch.-tekhn. konf. studentov i aspirantov. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet; Sovet SPbGPU po nauchno-issledovatel'skoy rabote studentov. SPb. 2009.
- [2]. Zhmarin Ye.N. LSTK - instrument dlya realizatsii programmy «Dostupnoye i komfortnoye zhilye...» // Sroyprofil: zhurnal dlya professionalov. SPb. 2007. №6(60). S.166-168.
- [3]. Vatin N.I., Popova Ye.N. Termoprofil v legkikh stalnykh stroitelnykh konstruktsiyakh // Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet. SPb. 2006.
- [4]. Sanyuan Shi, Juan Yu. Development of Chinese Light Steel Construction Residential Buildings. Journal of Sustainable Development. 2009. Vol. 2. No. 3. Pp. 134-138.
- [5]. Vatin N.I., Sinelnikov A.S. Kholodnognutyy stalnoy profil v malykh mostovykh konstruktsiyakh // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2012. Vol. 3. P. 39–51.
- [6]. Bronzova M.K., Vatin N.I., Garifullin M.R. Konstruktsiya karkasnykh zdaniy s primeneniym monolitnogo penobetona // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2015. № 1 (28). S. 74–90.
- [7]. Hradil P., Toratti T., Vesikari E., Ferreira M., Hakkinen T. Durability considerations of refurbished external walls. Construction and Building Materials. 2014. Vol. 53. Pp. 162-172.
- [8]. Pukhkal V., Tanić M., Vatin N., Murgul V. Studying humidity conditions in the design of building envelopes of "passive house" (in the case of Serbia). Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Issue 1. Pp. 864-869.
- [9]. Victor Pukhkal. Humidity Conditions for Exterior Walls Insulation (Case Study of Residential Housing Development in Saint-Petersburg). 2015. Vol. 117. Pp. 616-623.
- [10]. Charles Sejud, Jean-Claude Lesaca. The effect of heat flow and moisture on the exterior enclosure. Perkins+Will Research Journal. 2010. Vol. 02.01. Pp. 22-40.
- [11]. Vedyakov I.I., Odesskiy P.D. Zashchita ot korrozii stalnykh stroitelnykh konstruktsiy tsinkovaniyem // Vestnik VolgGASU. 2013. №31(50). Ch.2. Stroitelnyye nauki. S. 20-23.
- [12]. Igonin T.N. Atmosfernaya korroziya uglerodistoy stali i tsinka: modelirovaniye i kartografirovaniye territorii Rossiyskoy Federatsii: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. khim. nauk: spetsialnost 05.17.03. M. 2012. 25 s.
- [13]. Sovetnikov D.O., Videnkov N.V., Trubina D.A. Legkiye stalnyye tonkostennyye konstruktsii v mnogoetazhnom stroitelstve // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet. SPb. 2015. № 3 (30). S. 152-165.
- [14]. Rybakov V.A., Gamayunova O.S. Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye elementov karkasnykh sooruzheniy iz tonkostennykh sterzhney // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 7 (12). S. 79–123.
- [15]. Vatin, N.I., Nazmeeva, T., Guslinsky, R. Problems of cold-bent notched C-shaped profile members. Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941-944. Pp. 1871-1875.
- [16]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Garifullin M.R. The loss of local stability of thin-walled steel profiles. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1052-1057.
- [17]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Effect of constructional measures on the total and local loss stability of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 982-990.
- [18]. Garifullin M., Bronzova M., Sinelnikov A., Vatin N. Buckling analysis of cold-formed C-shaped columns with reticular-stretched perforations. Interdisciplinarity in Theory and Practice. 2015. Vol. 7. P. 163-169.
- [19]. Vatin N., Havula J., Martikainen L., Sinelnikov A., Shurovkina L.L. Reticular-Stretched Thermo-Profile: Buckling of the Perforated Web as a Single Plate // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 722–727.
- [20]. He Y.S., Wang Y.C. Load-deflection behavior of thin-walled bolted plates in shear at elevated temperatures. Thin-Walled Structures. 2016. Vol. 98. Part A. Pp. 127-142.
- [21]. Volgospetsstroy (LSTK). Laboratornyye ispytaniya [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.vstroi.ru/sci_work.php\(data obrashcheniya: 15.02.2015\)](http://www.vstroi.ru/sci_work.php(data obrashcheniya: 15.02.2015)).
- [22]. Bystroyvozvodimyye zdaniya LSTK ot Joriside [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.joriside.ru/ru/kachestvo-konstruktsiy\(data obrashcheniya: 15.02.2015\)](http://www.joriside.ru/ru/kachestvo-konstruktsiy(data obrashcheniya: 15.02.2015)).
- [23]. Termovlazhnostnyye ispytaniya LSTK [Elektronnyy resurs]. URL: [http://pro51.rf/ispytaniya-lstk/#!prettyPhoto\(data obrashcheniya: 15.02.2015\)](http://pro51.rf/ispytaniya-lstk/#!prettyPhoto(data obrashcheniya: 15.02.2015)).

- [24]. Association of International Zinc Association, National Home Builders (NAHB). Dolgovechnost otsinkovannykh stalnykh konstruktsiy v zhilykh zdaniyakh // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 1 (6). S. 11–17.
- [25]. Ananina M.V. Vliyaniye korrozii na legkiye stalnyye tonkostennyye konstruktsii // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2014. № 7(22). S. 55-70.
- [26]. Ekologicheskiy portal Sankt-Peterburga [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.infoeco.ru/index.php?id=53\(data obrashcheniya: 08.02.2015\)](http://www.infoeco.ru/index.php?id=53(data obrashcheniya: 08.02.2015)).

Кузнецова В.Ю., Барабанщиков Ю.Г., Коррозия стальных тонкостенных профилей в ограждающих конструкциях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №5 (44). С. 7-18

Kuznetsova V.Yu., Barabanshchikov Yu.G. Corrosion of the steel thin-walled profiles in the enclosure structures. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 5 (44), Pp. 7-18. (rus)