

Долговечность оцинкованных стальных конструкций в жилых зданиях

Durability of galvanized steel framing in residential buildings

International Zinc Association
+32 (0) 2 776 0070; contact@zinc.org
www.zinc.org
Brussels, Belgium

National Association of Home Builders (NAHB)
NAHB Research center
www.nahb.org
United States of America

Ключевые слова: стальные конструкции, обследование зданий, коррозия, покрытия из цинка, цинковые сплавы.

В статье представлено краткое изложение отчета по результатам испытаний, проводившихся в течение 10 лет Научно-исследовательским центром Национальной Ассоциации Жилищно-строительных фирм (NAHB) и профинансированных Международной цинковой ассоциацией (IZA).

Был проведен ряд испытаний стальных конструкций на коррозионную стойкость в жилых домах Майми, Леонардтауна, Лонг-Бич Айленда и Гамильтона.

Установлено, что срок службы стальных образцов с покрытием из цинка и цинковых сплавов, исследованных в этом проекте, превышает срок службы современных зданий.

Key words: steel structures, inspection, corrosion, galvanized steel, zinc-alloy.

Durability of Galvanized Steel Framing in Residential Buildings was a study commissioned by the International Zinc Association (IZA) that measured actual zinc and zinc-alloy coating corrosion rates of steel framing samples in four different home environments in the US and Canada over a ten year period. The National Association of Home Builders (NAHB) Research Center was the research contractor.

1. Обзор

Долговечность оцинкованных стальных конструкций в жилых зданиях исследовалась по заказу Международной цинковой ассоциации (IZA) путем измерения скорости коррозии у образцов стальных конструкций с покрытием из цинка и цинковых сплавов в четырех разных климатических условиях в США и Канаде в течение десяти лет. Научно-исследовательский центр Национальной Ассоциации Жилищно-строительных фирм был исполнителем исследовательских работ.

2. Введение

Этот краткий отчет основан на результатах испытаний на долговечность, проводившихся в течение 10 лет и предоставленных в итоговом отчете научно-исследовательского центра Национальной Ассоциации Жилищно-строительных фирм в январе 2009 года. Места проведения исследования были расположены в Майами, штат Флорида; Леонардтаун, штат Мэриленд; Лонг-Бич Айленд, штат Нью-Джерси все в США; а также Гамильтон, провинция Онтарио в Канаде. В каждом из мест проведения испытаний были размещены многочисленные образцы внутри, а в некоторых случаях и снаружи зданий (например: на стропильных фермах, в конструкциях перекрытий, стенах, на террасах).

Измерения потерь покрытия в течение десяти лет в четырех местах проведения исследования показали незначительные потери массы для всех типов покрытий во всех местах расположения образцов (например: стены, мансарды, балки перекрытия). Несмотря на то, что расчёт ожидаемого срока службы, основанный на очень низких потерях веса покрытиями, приведенный в данном исследовании, является неточным, измеряемые скорости коррозии покрытия экстраполируют срок службы покрытия от 300 до более 1000 лет в конструкциях стен, пола и стропильной системе покрытия. Для образцов намеренно расположенных в более агрессивных условиях, например, под террасой на открытом воздухе и открытом пространстве рядом с агрессивными водами прилива, выявлены более высокие скорости коррозии, но срок службы покрытия более 150 лет. Сталь не рекомендуется для наружного применения, например для террасы. Для мест, расположенных недалеко от побережья или

других агрессивных водоемов, стальные конструкции, используемые в вентилируемом или открытом пространстве, обычно имеют толстослойное покрытие, которое значительно продлевает срок их службы.

3. Места проведения испытаний и оборудование

Четыре места проведения исследования описаны в таблице 1. (Дополнительная информация приведена в Приложении). Они представляют собой изменение климата и типичные виды зданий, характерные для каждого региона. Места проведения исследования были выбраны таким образом, чтобы результаты исследования могли быть применимы к различным типам домов и климатических условий. На каждой площадке многочисленные образцы для испытаний были установлены в конструкциях зданий, где обычно используют стальной каркас (например: стропильные фермы, конструкции перекрытий, стены). Испытательные площадки в Гамильтоне и Лонг-Бич Айленде были также оборудованы электронными контролирующими системами, которые измеряли и записывали поверхностную температуру, относительную влажность и продолжительность сохранения влажности в течение первого года воздействия окружающей среды. Эти данные были получены, чтобы определить возможность появления конденсата на поверхности металлических конструкций при заданном температурно-влажностном режиме.

Таблица 1. Места проведения испытаний

Местоположение	Климатические условия	Фундамент	Расстояние до воды	Наружная отделка
Майами, Флорида, США	Влажная, территория, удаленная от моря	Бетонная плита на грунтовом основании	Несколько миль от Атлантического Океана	Штукатурный гипс
Леонардтаун, Мэриленд, США	Полу-морская с влажным летом	Ленточно-стоечный с вентиляцией подполья	Менее чем 75 футов от приливной реки Потомак	Винил
Лонг-Бич Айленд, Нью-Джерси, США	Морская	Цокольный из массивных фундаментных блоков	Менее чем ¼ мили от Атлантического Океана	Облицовка из алюминия
Гамильтон, Онтарио, Канада	Промышленный район с холодными зимами	Бетонная плита на грунтовом основании	Территория, удаленная от моря	Кирпичная облицовка

4. Образцы для испытаний на коррозионную стойкость

Образцы для испытаний на коррозионную стойкость представляли собой стальные пластины размерами 10x10см (3.9x3.9 дюймов) и образцы С-образного стоечного профиля длиной 25мм, с нанесенным оцинкованным покрытием, и покрытием алюминивно-цинковым сплавом Galvalume* (содержащим 55% алюминия) и Galfan* (содержащим 5% алюминия). Плоские пластины позволили сделать более точный подсчет площади образца и таким образом более точное измерение скорости коррозии покрытия, вычисленной из сокращения массы образцов после воздействия окружающей среды (рисунок 1).



Рисунок 1. Плоские пластины

С-образные образцы были установлены для исследования характеристик коррозии по краям и в изгибах стойки каркаса. Оба вида образцов (пластина и стойка каркаса) с двух сторон и по краям не были защищены. Технические характеристики толщины покрытия и измеряемый вес покрытия образца приведены в таблице 2. Толщина покрытия (колонка 5) является вычисленной толщиной покрытия, основанной на измеряемой массе покрытия в колонке 4. Тестирования покрытий, выполненные посредством ASTM A90/ A90M1,

установили, что фактические массы покрытия (колонка 4) выше минимальных технических требований. Образцы были установлены, чтобы обеспечить возможность проведения их анализа через один, три, пять, семь и десять лет воздействия окружающей среды. Обзор того, где образцы были установлены на 4 испытательных площадках, приводится в таблице 3.

Таблица 2. Характеристики образцов покрытий

Материал	Марка покрытия (метрический [дюйм-фунт])	Плотность покрытия (гр./см ³)	Масса покрытия из тестируемого материала (гр./м ²)	Толщина покрытия (микроны)
Galvanize 1	Z180 [G60]	7.14	273 ¹	38
Galvanize 2	Z180 [G60]	7.14	206 ²	29
Galfan	ZGF275 [ZF90]	6.84	315	46
Galvalume 1	AZM180 [AZ60]	3.75	227	60
Galvalume 2	AZM150 [AZ50]	3.75	168	45

Примечание:

1. Соответствует 1 классу толщины цинкового покрытия стали тонколистовой оцинкованной с непрерывных линий по ГОСТ 14918-80.
2. Соответствует 2 классу толщины цинкового покрытия стали тонколистовой оцинкованной с непрерывных линий по ГОСТ 14918-80.

5. Результаты

Исследование образцов и расчеты скорости коррозии проводились с интервалами в год, три, пять, семь и десять лет. Скорости коррозии определялись удалением продукта коррозии с образцов и измерением получившейся в результате потери в весе, в соответствии с ASTM G1*. Результаты десятилетнего исследования образцов показали, что потеря в весе пластин колеблется в пределах от 0.02 до 0.06 грамм для всех типов покрытий в разных местах и в разных климатических условиях. Как показано в таблице 2, количество покрытия из цинка или цинковых сплавов в образцах-пластинах составляет порядка 2-3 грамма (100 см² равен 1/100 м²). Соответственно за десятилетний период только 1-2% покрытия из цинка или цинковых сплавов были окислены, указывая на продолжительный срок службы покрытий из цинка и цинковых сплавов и, следовательно, стальных изделий, на которые нанесено защитное покрытие.

Для образцов, которые находились в агрессивной среде, как открытый погреб в Леонардтауне или под террасой на свежем воздухе, потери покрытий были значительно больше от 0.05 до 0.15 грамм после десяти лет. Даже в этих условиях воздействия окружающей среды покрытия из цинка и цинковых сплавов могут прослужить более 150 лет.

Данные о климатических условиях, полученные на испытательных площадках в Гамильтоне и Нью-Джерси в первый год исследования, показали, что образцы и их микросреды (например: полость стены) остаются сухими в течение года. Это наблюдение подтверждается низкими потерями в измерениях веса, полученными на этих двух испытательных площадках за все периоды воздействия окружающей среды.

Таблица 3. Сводка по установленным образцам

Расположение места проведения испытаний	Места расположения образцов и датчиков			
	Перекрытие подполья	Полость стены	Мансарда	Другое
Майами, Флорида	Нет	Стойки каркаса - все 3 покрытия	Пластины и стойки каркаса – всех 3 покрытий	
Леонардтаун, Мэриленд	Пластины - всех 3 покрытий Стойки каркаса – всех 3 покрытий и обнаженных	Пластины – все 3 покрытия	Пластины и стойки каркаса – все 3 покрытия	Стойки каркаса – все 3 покрытия и образцы без покрытия под террасой на

Расположение места проведения испытаний	Места расположения образцов и датчиков			
	Перекрытие подполья	Полость стены	Мансарда	Другое
	частей стойки			свежем воздухе
Лонг-Бич Айленд, Нью-Джерси	Пластины и стойки каркаса – всех 3 покрытий; Датчики – поверхностной температуры металла и относительной влажности воздуха, температуры	Пластины – все 3 покрытия; Датчики – поверхностной температуры металла и относительной влажности воздуха, температуры	Нет	Пластины – все 3 покрытия под пляжной террасой с датчиками поверхностной температуры металла и относительной влажности воздуха, температуры, внутри и снаружи
Гамильтон, Онтарио	Нет	Пластины – все 3 покрытия; Датчики – поверхностной температуры металла и относительной влажности воздуха, температуры и конденсации	Пластины – все 3 покрытия; Датчики – поверхностной температуры металла и относительной влажности воздуха, температуры и конденсации	Относительная влажность воздуха, температуры вне помещения

6. Заключение

Коррозия покрытий была минимальной на всех испытательных площадках для всех типов образцов (стоёк каркаса и пластин), всех образцов покрытий (цинкового и алюминивно-цинковых сплавов) и всех местах расположения образцов (например: подполье, стены, мансарды, балки).

Более низкие скорости коррозии были обнаружены на образцах, установленных в полостях стен и мансардах с искусственно регулируемым климатическими условиями и с меньшим воздействием влажности. Более высокие скорости коррозии покрытия были обнаружены в местах с высоким уровнем влажности и загрязняющих веществ, в образцах, установленных в перекрытии над гаражом в Нью-Джерси или в образцах, находящихся в подполье в Леонардтауне.

Для внутренних мест расположения образцов (стен, мансард, перекрытий) прогнозируемый срок службы покрытия варьируется от 300 до 1000 лет. На открытых или полуоткрытых местах расположения образцов в агрессивных климатических условиях с повышенной влажностью и наличием загрязняющих веществ, была получена более высокая скорость коррозии, которая тем ни менее обеспечивает срок службы покрытия более 150 лет.

Было установлено, что срок службы стальных образцов с покрытием из цинка и цинковых сплавов, исследованных в этом проекте, превышает срок службы современных зданий. Результаты этого исследования соответствуют результатам аналогичного исследования, проведенного научно-исследовательским центром Корус Рисерч в Соединенном Королевстве.

7. Приложение

Испытательная площадка Майами, Флорида

Испытательная площадка Майами (рисунок 2) находилась в юго-западной части Майами, где 16 из 90 домов были построены на основе металлического каркаса. Испытательная площадка была одноэтажным каркасным зданием с плитным фундаментом на грунтовом основании. У неё была фанерная обшивка с оштукатуренной наружной отделкой. С внутренней стороны стена была крашенным гипсокартоном, размером 5/8 дюймов (16 мм). Мансарда была из крафт-бумаги, облицованной



Рисунок 2. Испытательная площадка в Майами

как влажный / удалённый от моря. Хотя испытательная площадка располагалась в южной Флориде, она находилась в нескольких километрах от крупного водоёма. С западной стороны дома, где в полости стены были расположены образцы, не было затемнений.

Образцы находились на мансарде и на наружной стене (рисунок 3). Образцы на мансарде были подвешены к несущей конструкции крыши. На мансарде с восточной и западной стороны дома находились вентиляционные отверстия. Полость стены выходила на запад и содержала образцы, которые были доступны для извлечения через съёмную панель. Образцы были вставлены в обертывающую теплоизоляцию из стекловолокна в полости стены.

обертывающей теплоизоляцией из стекловолокна R-30, в то время как стены имели изолирующие коврики или R-11, или R-13. Стены были 6 дюймов (152 мм) в ширину. На мансарде были вентиляционные отверстия под свесом крыши (всего 19, каждое 22 дюйма x 4 дюйма (56 см x 20.5 см)). Не было вентиляционных отверстий в коньке крыши, но было видно маленькое вентиляционное отверстие в торцевой стене перед домом.

Дом снабжен кондиционером воздуха, а тип климатических условий может быть классифицирован



Рисунок 3. Образцы на мансарде

Испытательная площадка Леонардтаун, Мэриленд



Рисунок 4. Испытательная площадка в Майами

целлюлозы и оборудована вентиляционным отверстием в коньке крыши, а также вентиляционными отверстиями под свесом крыши. Стены состояли из 5/8 дюймов (16 мм) гипсокартона, влажной продутой целлюлозы (R-13), обшивки ориентированно-стружечной плитой, не фольгового облицовочного вспененного покрытия (R-5), барьера инфильтрации воздуха и винилового сайдинга. Все ваннные комнаты были оборудованы вентиляционными отверстиями, выходящими непосредственно на улицу. Фундамент был оборудован внешними вентиляционными отверстиями в торцевой стене.

Образцы были установлены на мансарде, наружной стене, в подполье и под террасой на открытом воздухе. В подполье содержался ряд висячих образцов, полностью незащищенных от окружающей среды подполья, включая образцы без защитного покрытия стоечного типа. Образцы без защитного покрытия показали обширную коррозию после двух месяцев воздействия, указывая на агрессивную окружающую среду в подполье (рисунок 5).

Дом в Леонардтауне, Мэриленд (рисунок 4) находился в нижней части реки Потомак до ее впадения в Чесапикский залив. Двухэтажный дом располагался приблизительно в 75 футах (23 м) от реки, где обычно в сторону дома дуют сильные ветра с водяной пылью от соленой речной воды. Стены были окантованы тонкими 0.043 дюйма (1.1 мм) С-образными стальными стойками каркаса, тогда как стальные фермы использовались для несущих конструкций крыш. Стальные рамные балки были использованы в подполье наряду с изолирующими ковриками из стекловолокна R-19. Слой полиэтилена был установлен в пол подполья. Мансарда была изолирована 11 дюймами (28 см) продутой целлюлозы и оборудована вентиляционным отверстием в коньке крыши, а также вентиляционными отверстиями под свесом крыши.



Рисунок 5. Образцы в подполье

Образцы также были установлены под террасой на свежем воздухе, которая представляет собой наихудшую окружающую среду. Терраса под деревянным навесом находилась в зоне повышенной влажности (из-за водяной пыли). Образцы под террасой позволили получить показатели коррозии для крайне агрессивной окружающей среды.

Испытательная площадка Гамильтон, Онтарио (Канада)

Дом в Гамильтоне, Онтарио (рисунок 6, 7) был двухэтажный блочный городского типа построенный на бетонной плите перекрытия в посёлке для престарелых. Это было последнее сооружение с выходом на нижний этаж. Три из четырех стен были бетонные, четвертая стена (на востоке) была стальной конструкцией. Стены, имеющие конструкции были спроектированы следующим образом: облицовка внутренней стены была 5/8 дюймов (15мм) из гипсокартона, за которым была установлена пароизоляция. Стены были изолированы ковриками из стекловолокна R-13. За конструкцией находилась обшивка из



Рисунок 6. Дом в Гамильтоне



Рисунок 7. Дом в Гамильтоне

пенопласта 1-1/4 дюймов (32мм). За обшивкой из пенопласта была вентиляционная щель 1 дюйм (25.4 мм), с кирпичной облицовкой за ней.

Стены (три из четырех) были бетонные 8 дюймов (203 мм) с частью над уровнем земли, изолированной от внутренней части 6 дюймовой (152 мм) обертывающей теплоизоляцией из стекловолокна (R-19), которая была защищена пароизоляцией. Фундаментные стены ниже поверхности земли также были защищены снаружи прочной пластмассовой мембраной, которая сконструирована, чтобы защитить фундаментные стены от влажности грунта. Изоляция края плиты была выполнена вспененным материалом R-28. Влагостойкий ряд лежит между блочной фундаментной стеной и нижним котлованом наружной стены. Нижний этаж был отделан без изоляции в потолке.

Мансарда была построена с деревянными стропильными фермами. Слой пористого стекловолокна R-32 используется на мансарде. Мансарда была оборудована вентиляционными отверстиями под свесом и коньком крыши. Образцы на мансарде были подвешены в воздухе, а термисторы были прикреплены к пластине с каждым типом покрытия для записи поверхностных температур металла. На мансарде измерялись температура окружающей среды и относительная влажность воздуха, временной датчик влажности был установлен в оцинкованном образце для записи процентного соотношения времени, когда присутствует тонкий слой жидкости. Аналогичное оборудование было установлено в наружной стене.



Рисунок 8. Лонг – Бич- Айленд

Испытательная площадка Лонг-Бич Айленд, Нью-Джерси

Испытательная площадка Лонг-Бич Айленд в Нью-Джерси (рисунок 8) с образцами, установленными здесь в 1998 году, стала последним «испытательным полигоном». Площадкой для испытания стал пляжный дом на побережье Нью-Джерси, который был отделён от океана низкорасположенной дюной, шириной примерно 1/4 мили (400 м). Изначально дом имел одноэтажную структуру, но был реконструирован, чтобы включать в себя второй этаж и крышу, которые были построены из стали холодной обработки (рисунок 9). В доме проживали преимущественно в летний период, а зимой он стоял свободным / а зимой в нем никто не жил.

В этом доме в Нью-Джерси образцы были установлены в трех местах. В первом, полный набор образцов стоек каркаса и пластин был установлен

между несущими балками, которые поддерживали первый этаж. Это размещение могло привести к повышению риска коррозии, потому что оно не было защищено от инфильтрационного воздуха и условий окружающей среды. Второе место было расположено на консольной террасе, которая находилась на втором этаже дома и была обращена к пляжу (рисунок 9). Панели несущей балки под террасой были оборудованы вентиляционными отверстиями, которые давали возможность бризу с океана приносить соль и лагу на образцы. Третье место было в стальной рамной наружной стене на втором этаже.



Рисунок 9. Второй этаж дома – консольная терраса

Все три места расположения образцов на испытательной площадке в Нью-Джерси были оборудованы датчиками, которые измеряли поверхностную температуру образца, также как и относительную влажность воздуха и температуру. В стойках стены и балках перекрытия проводилось постоянное измерение поверхностной температуры, что позволило получить годовой журнал показаний влажности и температуры для данной испытательной площадки.

Литература

1. Durability of Galvanized Steel Framing in Residential Buildings. Original article written by International Zinc Association and National Association of Home Builders. Pp. 1-6.

Translation of original article from English into Russian language made by Graduate Student Marina Tsaft (Faculty of Foreign Languages) under the editorship of Marina Kogan (Ph. D, Faculty of Foreign Languages) and Alexey Sinelnikov (Post-graduate student, Institute of Civil Engineering)

*Saint-Petersburg State Polytechnical University
Russian Federation*

Перевод оригинального текста статьи с английского языка на русский осуществлен магистрантом Цафт Мариной (Факультет иностранных языков) под редакцией к.т.н. Коган Марины (Факультет иностранных языков) и аспиранта Синельникова Алексея (Инженерно-строительный институт)

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Российская Федерация*