

«Утверждаю»



Проректор,
проф. д.т.н.

Филонов М. Р.

10.08.2015

Заключение № 036/15-503

**«Исследование коррозионной стойкости и долговечности
каркасов зданий серии СТИЛТАУН®: 6-ти этажный
трехсекционный жилой дом и 4-х этажный трехсекционный
 жилой дом, расположенные по адресу д. Кривское Боровского
района Калужской области, ул. Центральная, д. 61 и д.63»**

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель, заведующий
кафедрой защиты металлов и
технологии поверхности,
проф., д.т.н.



Дуб Алексей Владимирович

Ответственный исполнитель



Волкова Ольга Владимировна

Исполнители:

зав. лабораторией ЗМиТП



Обухова Татьяна Анатольевна

научный сотрудник



Ковалев Александр Федорович

научный сотрудник



Шевейко Ольга Владимировна

инженер I категории



Сафонов Иван Александрович

Заявитель	ООО «Андромета»
Основание для проведения испытаний	Договор № 036/15-503 от 16 июля 2015 г.
Дата проведения исследований	III кв. 2015 г
Задачи испытаний	Определить показатели долговечности и коррозионной стойкости фрагментов конструкций несущих каркасов зданий серии СТИЛТАУН® из стальных холодногнутых оцинкованных профилей.
Образцы	Фрагменты конструкций каркасов зданий серии СТИЛТАУН®: в виде С-образных профилей АС150х45х11,7х1,6 толщиной 1,6 мм, высотой 150 мм, с шириной стенки 45 мм и отгибом 11,7 мм, изготовленных по ТУ 1122-001-82866678-2011 «Профили холодногнутые из оцинкованной стали для строительства». Профили изготовлены из стали оцинкованной производства ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», марки S350GD с цинковым покрытием класса Z275 толщиной 19 мкм (сертификат № 18648 от 27.06.2013, № партии 5149692).
Нормативные документы	- ГОСТ 9.039-74 ЕСЗКС. Коррозионная агрессивность атмосферы. - ГОСТ 9.311-87 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений. - ГОСТ 9.307-89 ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля. - ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов, категории, условия эксплуатации в части воздействия климатических факторов внешней среды. - Свод правил СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
Результаты исследований	Заключение № 036/15-503



Для анализа материалов, применяемых для изготовления конструкций каркасов зданий серии СТИЛТАУН®: 6-ти этажный трехсекционный жилой дом и 4-х этажный трехсекционный жилой дом, расположенные по адресу д. Кривское Боровского района Калужской области, на предмет оценки их коррозионной стойкости были использованы следующие материалы и нормативные документы:

1. Графическая часть проектной документации для 6-этажного дома.
2. Фотографии каркасов, элементов и узлов конструкции.
3. Протокол испытаний тепловой защиты здания «Многоквартирный, 4-х этажный жилой дом, расположенный в деревне Кривское, Боровского района Калужской области»: ООО «ПожСпецЭксперт», 09.12.2014 г.
4. ГОСТ 4986-79 «Лента холоднокатаная из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали. Технические условия».
5. ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды".
6. ГОСТ 9.039-74 «Коррозионная агрессивность атмосферы».
7. ГОСТ 14918-80 «Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий».
8. Свод правил СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
9. ТУ 1122-001-82866678-2011 «Профили холодногнутые из оцинкованной стали для строительства»

Цель работы: оценить коррозионную стойкость и долговечность конструкций каркасов зданий серии СТИЛТАУН®, изготовленных из стальных холодногнутых оцинкованных профилей.

Результаты исследования

В соответствии с данными технической документации исследуемые профили предназначены для изготовления несущей конструкции каркаса многоэтажных зданий серии СТИЛТАУН® (рис.1а-в).

В соответствии с ГОСТ 15150-69 условия эксплуатации исследуемых металлоконструкций соответствуют УХЛЗ (условия умеренного и холодного климата, в нерегулярно отапливаемых помещениях, при отсутствии воздействия атмосферных осадков, прямого

солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги), причем конструкции размещаются внутри здания и полностью экранируются слоем пенобетона (рис.1в).

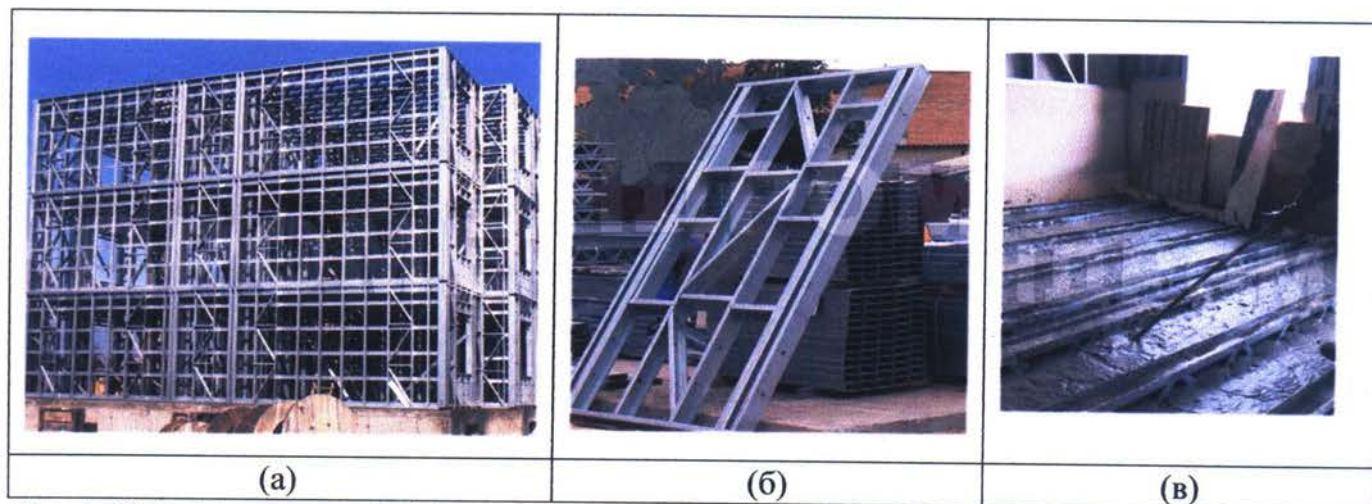


Рис.1. Общий вид каркаса (а), стеновой панели (б), и процесс заливки пенобетоном (в) каркасов многоэтажных зданий серии СТИЛТАУН®.

Экспертиза технических решений по антикоррозионной защите несущих конструкций зданий серии СТИЛТАУН® из С-образных холодногнутых стальных профилей AC150x45x11,7x1,6, изготовленных по ТУ 1122-001-82866678-2011, проведена в соответствии со Сводом правил СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).

Оцинкованная сталь. В соответствии с данными, представленными в технической документации, профили изготовлены из оцинкованной стали производства ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК), марки S350GD с цинковым покрытием класса Z275 (толщина 18-20 мкм) по ГОСТ 14918-80.

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания в климатических камерах влажности (при относительной влажности 98 % и температуре 35⁰С) и соляного тумана (при воздействии 5% NaCl и относительной влажности 98 %, температуре 35⁰С) по ГОСТ 9.308-85 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические органические. Методы ускоренных коррозионных испытаний»;
- оценка качества покрытия в соответствии с ГОСТ 9.037-89 «ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля»

- а) визуальная оценка внешнего вида покрытия п.4.14;
- б) определение толщины покрытия металлографическим методом п.4.2.1., 4.2.2.
- в) определение прочности сцепления покрытия методом нагрева п.4.4.3.

Оценка соответствия цинкового покрытия требованиям ГОСТ 9.307-89.

Исследование *внешнего состояния* поверхностей деталей в состоянии поставки проводилось визуально и методом оптической фрактографии с использованием бинокулярного микроскопа МБС-200 и Альтами МЕТ.

В результате анализа установлено, что поверхности оцинкованных деталей гладкие, чистые, без признаков нарушения сплошности покрытия. Цвет покрытия серебристо-серый полублестящий. Наплывы цинка на отобранных образцах отсутствуют.

В результате проведенных исследований С-образных профилей АС150х45х11,7х1,6, изготовленных по ТУ 1122-001-82866678-2011 из оцинкованной стали производства НЛМК, установлено, что после испытаний в камере влажности в течение 900 часов наблюдается незначительное поматовение поверхностей в виде локальных мелких точек размером менее 1 мм, что не превышает 5 % от общей площади (рис.2б).

После испытаний в камере соляного тумана в течение 240 часов на поверхностях образцов выявлен тонкий белый налет и множественные пятна коррозии цинка, равномерно расположенные по всей поверхности, размер которых составляет 6-8 мм (рис.2в).

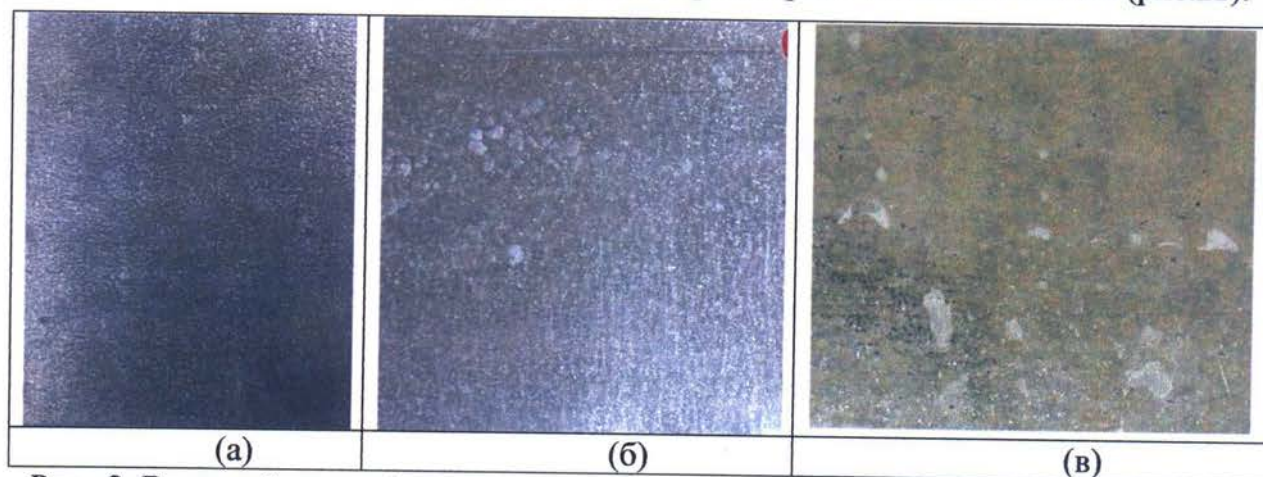


Рис. 2 Внешний вид образцов в состоянии поступления на исследования (а), после испытаний в камере влажности (б) и соляного тумана (в).

С целью оценки толщины покрытия, состояния материала исследуемых образцов вблизи поверхностей проводился *металлографический анализ*.

В результате анализа выявлено, что покрытие равномерное, толщиной 18-20 мкм (рис.3а), обладает хорошей адгезией. Структура покрытия состоит из двух слоев: внут-

ренного, который представляет собой сплав железо-цинк и наружного - цинкового слоя. После выдержки в камере влажности цинковое покрытие на образцах сохранилось практически полностью (рис. 3б).

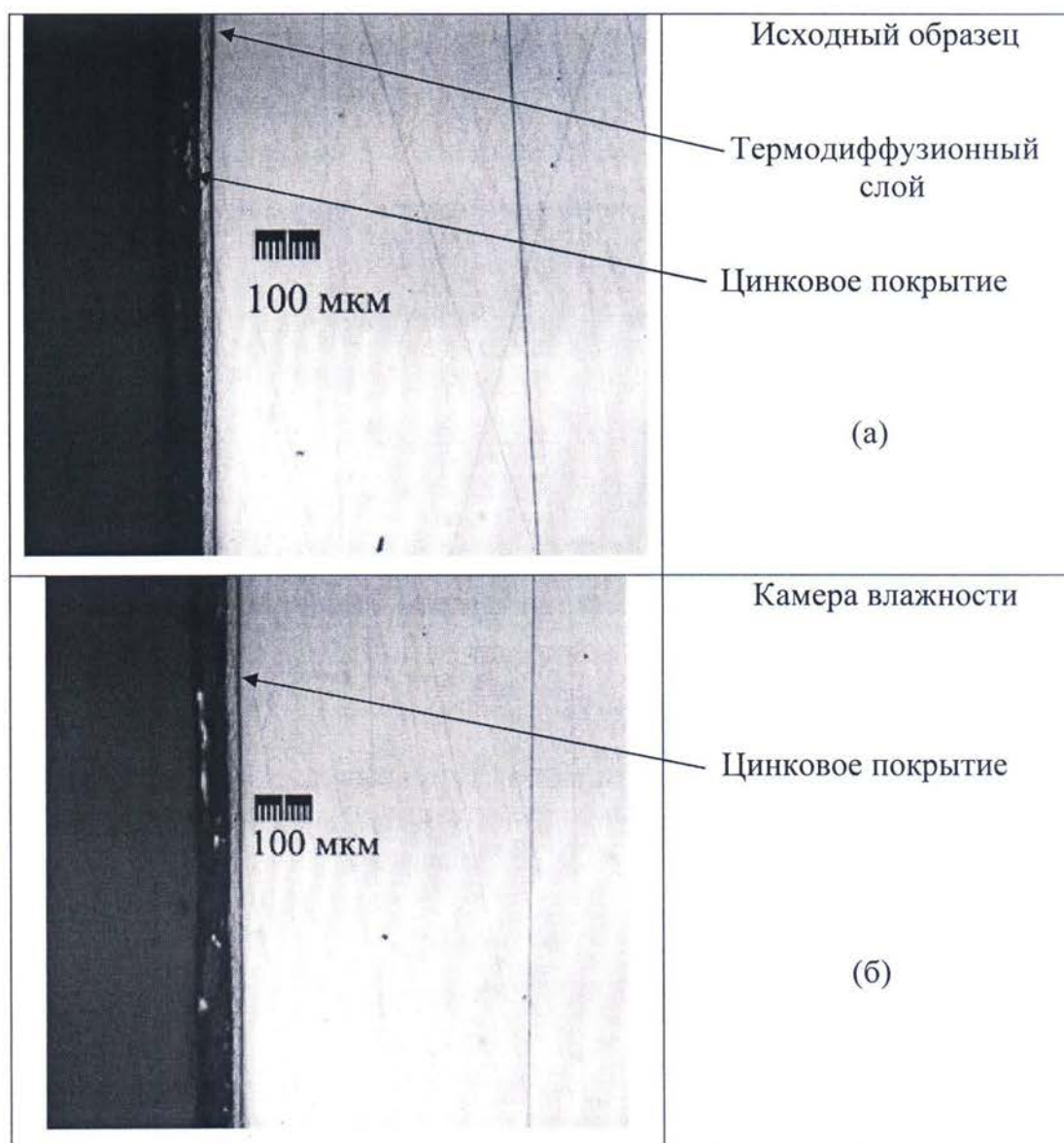


Рис.3 Внутреннее состояние оцинкованных профилей.

Отобранные образцы для определения прочности сцепления покрытия подвергались нагреву до 190°C в течение 1 часа с последующим охлаждением на воздухе (по ГОСТ 9.307-89 п.4.4.3.). Вздутия и отслаивания покрытия не обнаружено, что означает хорошую прочность сцепления и подтверждает данные металлографического анализа.

Таким образом, в результате проведенных исследований отклонений от норм не выявлено, цинковое покрытие соответствует требованиям ГОСТ 9.037-89.

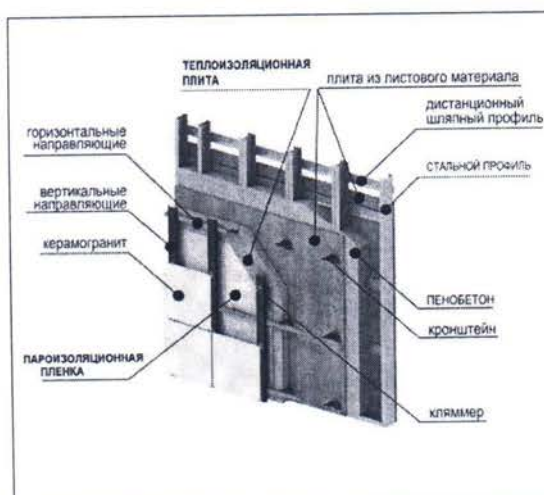
Анализ результатов исследований коррозионной стойкости и долговечности несущей конструкции зданий серии СТИЛТАУН®

Целью работы является исследование коррозионной стойкости и долговечности несущих конструкций зданий СТИЛТАУН®, которые представляют собой каркасы из стальных холодногнутых оцинкованных профилей, заполненные пенобетоном плотностью 200 - 300 кг/м³ по несъемной опалубке из стекломagneвиевого листа толщиной 10 мм. Дополнительная теплоизоляция наружных стен выполняется минераловатным утеплителем толщиной 100 мм либо теплоизоляционными плитами и облицовочным кирпичом. Причиной коррозионного повреждения оцинкованной стали, находящейся внутри пенобетона, могут быть водяные пары, конденсирующиеся на металлоконструкции в пенобетонном слое. Для определения зоны конденсации водяных паров в многослойной структуре стенового ограждения в 4-х и 6-ти этажного жилых домов СТИЛТАУН®, построенных в д. Кривское Боровского района Калужской области, были проведены их теплотехнические расчеты и натурные испытания ограждающих конструкций методом тепловизионной съемки.

Теплотехническое обоснование отсутствия условий для развития коррозионных процессов в металлических несущих конструкциях зданий серии СТИЛТАУН®.

В проектах построенных жилых домов СТИЛТАУН® применено два конструктивных типа металлокаркасных стен, схематические изображения которых приведены на рис. 3.



**Тип 2:**

Внутренняя сторона – стекломagneиный лист - 10 мм, пенобетон ($\rho = 200 - 300 \text{ кг/м}^3$) по каркасу из холодногнутых оцинкованных профилей - 170 мм, стекломagneиный лист - 10 мм, минераловатный утеплитель - базальтовая теплоизоляционная плита «ИЗОПУС» ($\rho = 60 \text{ кг/м}^3$) - 100мм, пароизоляционная пленка, система металл-профиль с керамогранитными облицовочными плитами – 10мм.

Схема конструкции наружной стены СТИЛТАУН® с пенобетонной теплоизоляцией и керамогранитной облицовкой

Рис.3. Схемы конструкций наружных стен здания СТИЛТАУН®.

Расчетное определение зоны конденсации паров

Целью данного расчета является определение распределения температур по сечению многослойной структуры стенового ограждения и зоны конденсации в ней водяных паров. Расчет выполнен для ограждающих конструкций стен Типа 2, так как в этом случае имеется наибольшая вероятность внутренней конденсации влаги. Система навесного фасада металл-профиль в расчетную модель не включена ввиду ее незначительной теплоизолирующей способности.

Климатические характеристики района строительства.

Расчетные климатические характеристики. По табл. СНиП 23–01–99 принимается:

Район строительства	$t_{н5},$ °C	$t_{хм},$ °C	$\varphi_{хм},$ %	$t_{от.пер.},$ °C	$Z_{от.пер.},$ сут.	$V_{в},$ м/с	Зона влажности
г. Обнинск Калуж- ской области	-27	-10,1	83	-2,9	210	4,9	Нормальная

где, $t_{н5}$ – средняя температура наиболее холодной пятидневки;

$t_{хм}$ – температура наружного воздуха наиболее холодного месяца;

$\varphi_{хм}$ – средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца; %

$t_{от.пер.}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$;

$Z_{от.пер.}$ – продолжительность отопительного периода, сут, со среднесуточной температурой наружного воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$;

$V_{в}$ – скорость ветра, м/с, максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.

Расчетные параметры воздуха в помещениях.

Температура воздуха в помещениях t_v по СНиП 2.08.01-89*, φ в принимается 55% (СНиП II-3-79*), что соответствует нормальному влажностному режиму. Условия эксплуатации по СНиП II-3-79* (табл.1).

Значения t_v для помещений, °С				Отн. влаж- ность возду- ха φ в, %	Усл. экс- плуатации огр. констр.
Угловой жи- лой комнаты	Рядовой жи- лой комнаты	Кухни	Лестничной клетки		
22	20	18	16	55%	Б

Выбор теплотехнических показателей строительных материалов и ха- рактеристик ограждающих конструкций.

Состав ограждающей конструкции:

1. Внутренний СМЛ $t=10$ мм;
2. Пенобетон $t=170$ мм;
3. Наружный СМЛ $t=10$ мм;
4. Утеплитель минераловатный (базальто-
вая теплоизоляционная плита «ИЗОРУС»)
 $t=100$ мм

(-)	4	3	2	1	(+)
	Ут.				

Теплотехнические показатели строительных материалов выбраны в соответствии с прил.3 СНиП II-3-79*.

Условия эксплуатации ограждений принимаются по прил. 2 СНиП II-3-79* и СНиП 23-02.

Наименование ма- териала	Условия экс- плуатации ограждений	Плотность $\rho, \text{кг/м}^3$	Коэффициенты	
			теплопроводности $\lambda, \text{Вт/м}^\circ\text{С}$	теплоусвоения $S, \text{Вт/м}^2\text{С}$
Утеплитель мине- раловатный	Б	60-100	0,06	0,82
СМЛ	Б	1300	0,48	6,8
Пенобетон	Б	200-300	0,13	1,01
СМЛ	Б	1300	0,48	6,8

Технические характеристики ограждающих конструкций приняты по СНиП II-3-79*.

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций				
Наименование ограж- дающих конструкций	$\Delta t''$	n	$\alpha_a,$ $\text{Вт/м}^2\text{С}$	$\alpha_n,$ $\text{Вт/м}^2\text{С}$
Наружная стена	4	1	8,7	23

Расчет оптимального сопротивления теплопередаче, толщины утеплителя и коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций.

Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{mp} , $\text{м}^2\text{°C/Вт}$ ограждающих конструкций вычисляется двумя способами:

А) исходя из санитарно-гигиенических условий.

$$R_0^{mp} = \frac{(t_a - t_{н5}) \cdot n}{\Delta t'' \cdot \alpha_a};$$

где t_a – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая для рядовой жилой комнаты;

$t_{н5}$ – расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, уменьшающий расчетную разность температур для конструкций, не соприкасающихся с наружным воздухом. Принимаем $n = 1$.

α_a – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения. $\alpha_a = 8,7$

$\Delta t''$ – нормируемая разность температур между температурой воздуха в помещении и внутренней поверхности наружного ограждения, принимаем $\Delta t'' = 4$.

$$R_{0(ис)}^{mp} = \frac{(20 + 27) \cdot 1}{4 \cdot 8,7} = 1,35 \text{ (м}^2\text{°C/Вт)};$$

Исходя из санитарно-гигиенических условий, наружная стена должна иметь минимально требуемое сопротивление теплопередаче, равное $1,35 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Б) исходя из условий энергосбережения.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП):

$$R_0^{mp} \rightarrow ГСОП = (t_a - t_{ом}) \cdot z_{ом},$$

где,

$t_a = 20 \text{ °C}$; $t_{ом.пер.} = -2,9 \text{ °C}$;

$z_{ом} = 210 \text{ сут}$; $R_{ГСОП}^{mp} = 0,00035 \cdot 4809 + 1,4 = 3,08 \text{ (м}^2\text{°C/Вт)}$ – для стены;

Исходя из условий энергосбережения, наружная стена должна иметь минимально требуемое сопротивление теплопередаче, равное $3,08 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Выбираем большее значение $R_{ГСОП} = 3,08 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

Расчетное сопротивление теплопередаче наружной стены:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,48} + \frac{0,17}{0,13} + \frac{0,01}{0,48} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{1}{23} = 3,17 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Проверка отсутствия конденсации водяных паров на поверхности и в толще наружной стены.

1) Температура на внутренней поверхности стены

Конденсация водяных паров не происходит на внутренней поверхности, если ее температура $t_{en} > t_p$ – температура точки росы.



$$t_{en} = t_s - \frac{R_s}{R_0} \cdot (t_s - t_n);$$

где, R_s - сопротивление теплообмену на внутренней поверхности, равное $1/\alpha_s$.
 t_s - принимается для угловой комнаты.

$$t_{en} = 22 - \frac{1}{\frac{8,7}{3,17}} \cdot (22 + 27) = 20,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура внутренней поверхности стены $t_s = 20,22 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температура точки росы t_p :

$$t_p = 20,1 - \left(5,75 - 0,00206 \cdot E_s \cdot \frac{\varphi_s}{100} \right)^2;$$

E_s - упругость водяных паров при полном насыщении и температуре t_s , по СНиП 23-01-99.

При полном насыщении и температуре $t_s = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$, $E_s = 2644 \text{ Па}$, $\varphi = 55\%$.

$$t_p = 20,1 - \left(5,75 - 0,00206 \cdot 2644 \cdot \frac{55}{100} \right)^2 = 12,5136 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура точки росы $t_p = 12,5136 \text{ } ^\circ\text{C}$

Конденсация водяных паров на внутренней поверхности стены не происходит
 $t_{en} = 20,22 > t_p = 12,5136 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температура t_y , внутренней поверхности наружного угла:

$$t_y = t_{en} - (0,18 - 0,042 \cdot R_0)(t_s - t_{n5});$$

$$t_y = 20,22 - (0,18 - 0,042 \cdot 3,17)(22 + 27) = 17,92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким образом, так как $t_y = 17,92 \text{ } ^\circ\text{C}$ больше, чем $t_p = 12,5136 \text{ } ^\circ\text{C}$, то конденсации водяных паров не происходит.

2) Распределение температур в толще стены

Проведена проверка конденсации водяных паров на металлоконструкции. Конденсация отсутствует, если в любом сечении ограждения, перпендикулярном направлению теплового потока, выполняется условие $e_{xi} < E_{xi}$. На границе каждого слоя вычисляют t_{xi} , e_{xi} , E_{xi} по формулам:

$$t_{xi} = t_s - \frac{\sum R_{xi}}{R_0} (t_s - t_n);$$

$$e_{xi} = e_s - \frac{\sum R_{nxi}}{R_{0n}} (e_s - e_n);$$

$\sum R_{xi} = R_s + \sum_1^{xi} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - сопротивление теплопередаче от воздуха помещения до рассматриваемого сечения, $\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$



$\sum R_{nxi} = R_{ns} + \sum_1^{xi} \frac{\delta_i}{\mu_i}$ – сопротивление паропроницанию от воздуха помещения до рассматриваемого сечения, м²чПа/мг

$R_{0n} = R_{ns} + \sum_1^{xi} \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{nn}$ – общее сопротивление паропроницанию конструкции стены, м²чПа/мг.

$$R_{ns} = 0,0267 \text{ м}^2\text{чПа/мг};$$

$$R_{nn} = 0,0053 \text{ м}^2\text{чПа/мг};$$

Температура в толще стены:

$$t_a = t_{an} = 20,22 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_1 = 20,22 - \frac{\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,48}}{3,17} (20,22 + 27) = 18,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_2 = 20,22 - \frac{\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,48} + \frac{0,17}{0,13}}{3,17} (20,22 + 27) = -1,28 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_3 = 20,22 - \frac{\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,48} + \frac{0,17}{0,13} + \frac{0,01}{0,48}}{3,17} (20,22 + 27) = -1,59 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_4 = 20,22 - \frac{\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,48} + \frac{0,17}{0,13} + \frac{0,01}{0,48} + \frac{0,1}{0,06}}{3,17} (20,22 + 27) = -26,42 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_n = -27 - \frac{\frac{1}{23}}{3,17} (22 + 27) = -27,67 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Упругость водяных паров в состоянии насыщения:

$$E_b = 2369 \text{ Па}; E_1 = 2089 \text{ Па}; E_2 = 549,4 \text{ Па}; E_3 = 535,5 \text{ Па}; E_4 = 53,9 \text{ Па}; E_n = 47 \text{ Па}.$$

Упругость водяных паров:

$$e_a = E_a \frac{\varphi_a}{100} = 2361,8 \cdot \frac{55}{100} = 1298,99 \text{ Па};$$

$$e_n = E_n \frac{\varphi_n}{100} = 46,8 \cdot \frac{83}{100} = 38,84 \text{ Па};$$

$$e_1 = 1298,99 - \frac{0,0267 + \frac{0,01}{6,8}}{0,0267 + \frac{0,1}{0,82} + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,01}{6,8} + 0,0053} \cdot (1298,99 - 38,84) = 1189,83 \text{ Па}$$

$$e_2 = 1298,99 - \frac{0,0267 + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01}}{0,0267 + \frac{0,1}{0,82} + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,01}{6,8} + 0,0053} \cdot (1298,99 - 38,84) = 537,6 \text{ Па}$$

$$e_3 = 1298,99 - \frac{0,0267 + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,01}{6,8}}{0,0267 + \frac{0,1}{0,82} + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,01}{6,8} + 0,0053} \cdot (1298,99 - 38,84) = 531,9 \text{ Па}$$

$$e_4 = 1298,99 - \frac{0,0267 + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,1}{0,82}}{0,0267 + \frac{0,1}{0,82} + \frac{0,01}{6,8} + \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,01}{6,8} + 0,0053} \cdot (1298,99 - 38,84) = 59,34 \text{ Па}$$

Номер сечения	$t_{xi}, ^\circ\text{C}$	$e_{xi}, \text{Па}$	$E_{xi}, \text{Па}$
В	20,22	1298,99	2369
1	18,2	1189,83	2089
2	-1,28	537,6	549,4
3	-1,59	531,9	535,5
4	-26,42	59,34	53,9
Н	-27,67	38,84	47

Таким образом, так как $e_v < E_v$, $e_1 < E_1$, $e_2 < E_2$, $e_3 < E_3$, $e_n < E_n$, то в слоях 1 (внутренний СМЛ), 2 (пенобетон) и 3 (наружный СМЛ) невозможна конденсация водяных паров; $e_4 > E_4$. Возможно образование конденсата в слое 4 (минераловатный утеплитель). **Отсутствие возможности конденсации влаги в пенобетонном слое стены означает отсутствие условий для развития коррозии оцинкованных металлических конструкций, находящихся внутри этого слоя.**

Натурные испытания теплотехнических характеристик ограждающих конструкций металлокаркасного 4-этажного жилого дома СТИЛТАУН®

Натурные испытания теплотехнических характеристик ограждающих конструкций построенного металлокаркасного трехсекционного 4-этажного жилого дома СТИЛТАУН® были проведены в декабре 2014 г. аттестованной лабораторией ООО «ПожСпецЭксперт» (свидетельство о регистрации №5557 от 16.05.2014г.) [3].

Объект испытаний

Объект испытаний представлял собой одну блок-секцию дома, состоящую из 4 жилых и 1 цокольного этажей.

Дата и условия испытаний

Испытания были проведены 09.12.2014г. В указанный период температура атмосферного воздуха составляла $-2,0 ^\circ\text{C}$, воздуха в помещениях $10,0-22,0 ^\circ\text{C}$, скорость ветра $2-4 \text{ м/с}$, относительная влажность атмосферного воздуха $78,2 \%$, относительная влажность внутри помещений $60,3 \%$.



Методика испытаний

Натурное обследование и обработка результатов проведены по «Комплексной методике контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений», утвержденной Госстроем РФ и рекомендованной к использованию при проведении контроля качества тепловой изоляции ОК в натурных условиях (письмо Госстроя России № 9-14/932 от 23.12.2002 г.). Тепловизионное обследование, контрольные измерения и обработка результатов выполнены в соответствии с ГОСТ 26629-85 «Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций», ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» и др.

Результаты испытаний

На рисунках показаны примеры термограмм, полученных при внутренней тепловизионной съемке ограждающих конструкций жилого 4-этажного металлокаркасного дома СТИЛТАУН® в д. Кривское (температурная шкала устанавливает соответствие цвета на термограмме температуре на поверхности). Как видно на рис. 4, разброс температур на поверхности стен и перекрытия, включая места их стыков, не превышает 4,5 °С, участков с пониженной температурой нет. Такие участки не были выявлены ни в одной из более 50 точек в различных частях дома, где были установлены датчики. Это свидетельствует об однородности теплотехнических характеристик конструкций.

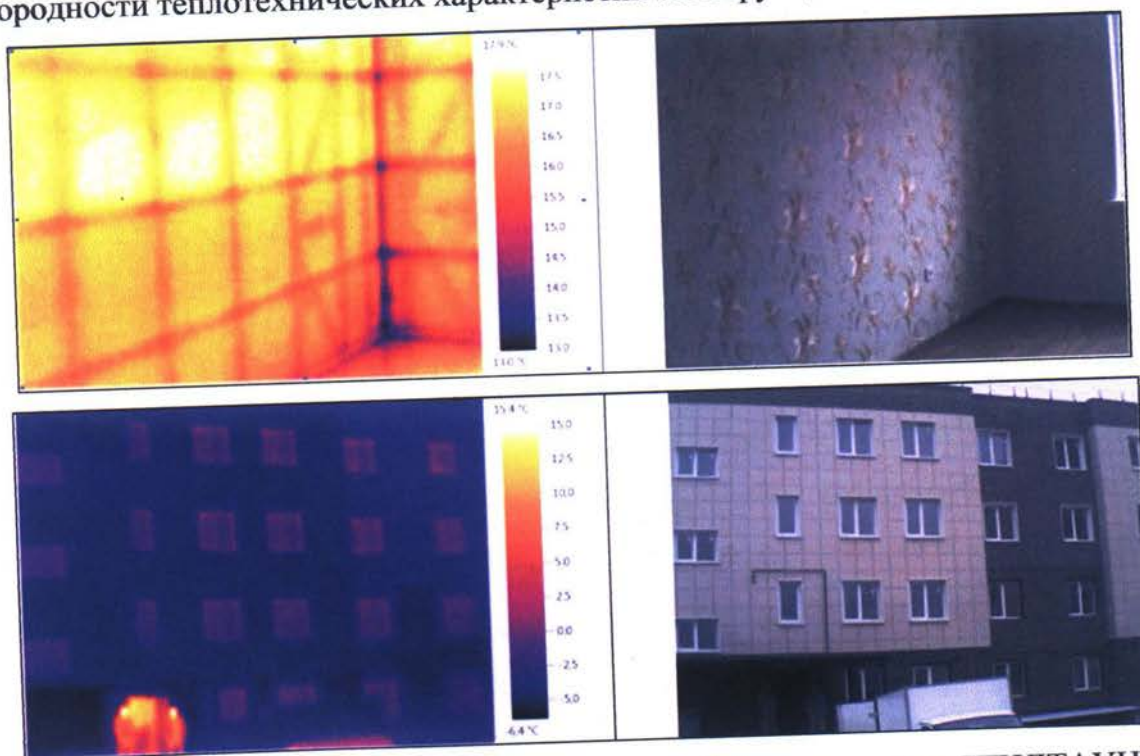


Рис.4. Примеры термограмм наружных стен жилого 4-этажного дома СТИЛТАУН® на каркасе из стальных холодногнутых оцинкованных профилей.

а диаграмме (рис.5) приведено распределение температур по сечению металлокаркасной наружной несущей стены 4-этажного жилого дома СТИЛТАУН®, построенное на основании снятых термограмм.

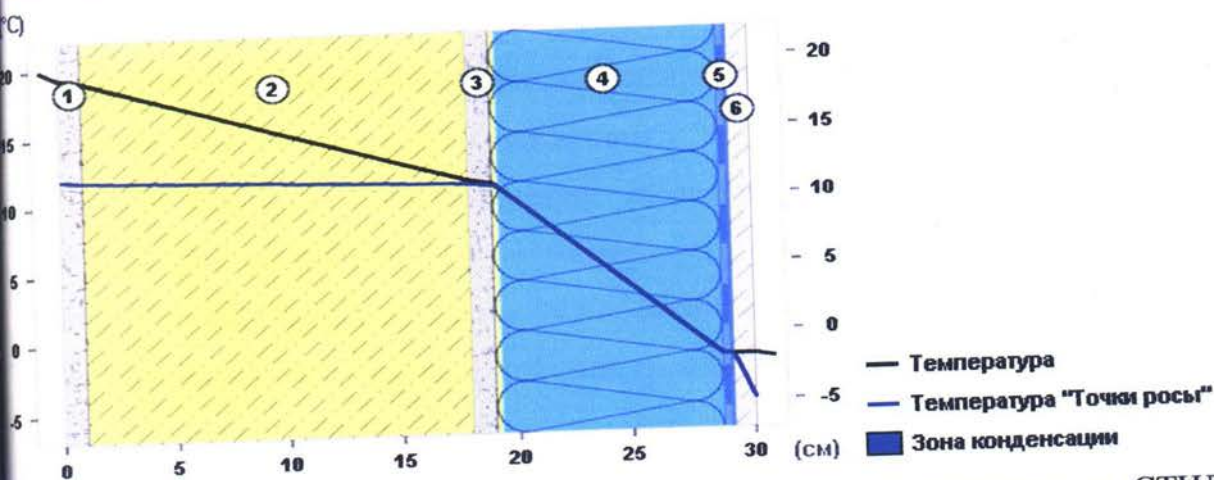


Рис. 5 Распределение температур по сечению стены жилого 4-этажного дома СТИЛТАУН® (Тип 2):

1 – стекломагнийевый лист - 10 мм, 2 – пенобетон ($r = 300 \text{ кг/м}^3$) по каркасу из оцинкованных профилей - 170 мм, 3 – стекломагнийевый лист - 10 мм, 4 – базальтовая теплоизоляционная плита «ИЗОРУС» - 100 мм, 5 – пароизоляционная пленка, 6 – система металлопрофиль с керамогранитными облицовочными плитами - 10 мм.

Как видно на диаграмме, для стены Типа 2 по всему сечению металлокаркасно-пенобетонной стеновой панели, включая ее несъемную опалубку из стекломагнийевого листа, температура конструкции превышает температуру точки росы, а зона конденсации находится за пределами пенобетонного слоя – в базальтовой плите. Это означает отсутствие увлажнения металлоконструкций каркаса стеновой панели в процессе эксплуатации.

Оценка коррозионной стойкости и долговечности эксплуатации стальных профилей. Коррозионная стойкость и, соответственно, долговечность оцинкованной стали в атмосферных условиях определяется толщиной и качеством защитного покрытия, а также скоростью образования защитной пленки продуктов коррозии цинка и ее устойчивостью во времени. Защитное действие цинка связано с его способностью образовывать защитный слой, состоящий из соединений цинка: окислов, гидратов, карбонатов и других солей. При воздействии на цинковое покрытие окружающей среды по мере формирования слоя продуктов коррозии слой цинка постепенно уменьшается. Следовательно, чем толще первоначальный слой цинка, тем дольше его защитное действие. В местах, где цинковое покрытие повреждено (срезы, кромки, отверстия под крепеж) защита

стали осуществляется по катодному механизму, при этом влага является электролитом, а цинк, являющийся анодом по отношению к стали, растворяется, защищая стальную основу от воздействия агрессивной среды. Вначале идет расход цинка с образованием белых продуктов коррозии. По мере уменьшения цинкового слоя его защитное действие уменьшается и начинается процесс окисления стали, сопровождающийся формированием окиси железа в виде красной ржавчины.

Как показали теплотехнические исследования, в пенобетонном слое в процессе эксплуатации здания отсутствует возможность конденсации влаги на металлоконструкции. Аппроксимация коррозионного поражения на длительный срок эксплуатации позволяет установить, что скорость коррозии горячего цинкового покрытия в вышеуказанных условиях при сухой или нормальной влажности составит не более 0,5 мкм/год в течение первых 2-5 лет эксплуатации и уменьшится до 0,3 мкм/год в последующие годы за счет процессов свободной коррозии и образования защитной пленки на поверхности цинка. Следовательно, за 50 лет реальной эксплуатации максимальное уменьшение толщины слоя цинка составит: $5 * 0,5 + 45 * 0,3 = 16$ мкм. Согласно ГОСТ 14918-80, минимальная толщина цинкового покрытия класса Z275 составляет 18 мкм. Таким образом, с учетом экспериментально полученных результатов рекомендуется применение исследуемой стали марки S350GD с цинковым покрытием класса Z275 без дополнительных мер противокоррозионной защиты для изготовления несущих конструкций каркаса жилых домов СТИЛТАУН® со сроком эксплуатации более 50 лет.

Вывод

В результате проведенных коррозионных исследований, оценки качества и скорости коррозии материала каркасов зданий серии СТИЛТАУН® (6-ти этажного трехсекционного жилого дома и 4-х этажного трехсекционного жилого дома, расположенных по адресу д. Кривское Боровского района Калужской области, ул. Центральная, д. 61 и д.63) установлено, что исследованные конструкции, изготовленные из стали марки S350GD с цинковым покрытием класса Z275 толщиной не менее 19 мкм, устойчивы к коррозии и могут эксплуатироваться в среде пенобетона сроком более 50 лет.

