



ЦЕНТР ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

Межрегиональная Северо-Западная
СТРОИТЕЛЬНАЯ ПАЛАТА

Interregional North-West
CHAMBER of CONSTRUCTION

191023, Санкт-Петербург ул. Зодчего Росси, 1/3, офис 308
тел./факс: (812) 380-33-26 e-mail: info@stroypalata.ru

191023, St. Petersburg st. Zodchego Rossi, 1/3, of. 308
tel./fax: (812) 380-33-26 e-mail: info@stroypalata.ru

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 82866678-3.01.01-2013

**Проектирование, изготовление и возведение
несущих и ограждающих конструкций жилых, общественных и
промышленных зданий из пенобетона и легких стальных тонкостенных
конструкций серии «Стилтаун» производства ООО «Андромета»**



Директор, к.т.н.

Вылегжанин В.П.

Научный руководитель, к.т.н.

Пинскер В.А.

Инженер

Куликова Н.О.

Санкт-Петербург
2013

**Общество с ограниченной ответственностью
«Андромета»**

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 82866678-3.01.01-2013

**Проектирование, изготовление и возведение
несущих и ограждающих конструкций жилых, общественных и
промышленных зданий из пенобетона и легких стальных тонкостенных
конструкций серии «Стилтаун» производства ООО «Андромета»**

Стандарт организации

Дата введения: *15.11.2013г.*

**ООО «Андромета»
2013**

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН Центром ячеистых бетонов НП «Межрегиональная Северо-Западная строительная палата» (Вылегжанин В.П. – к.т.н., директор, Пинскер В.А. – к.т.н., научный руководитель, Куликова Н.О. - инженер)
- 2 ВНЕСЕН организацией – разработчиком стандарта
- 3 ПРИНЯТ приказом генерального директора ООО «Андромета» № 29.1 от «15» ноября 2013 г.
- 4 ВВЕДЕН впервые

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, растиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ЗАО «Андромета»

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«Российский научно-технический центр информации по
стандартизации, метрологии и оценке соответствия»
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»**

СВИДЕТЕЛЬСТВО

**О ДОБРОВОЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ
№ 187-СТО**

*На основании полномочий, предоставленных Федеральным агентством
по техническому регулированию и метрологии ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
осуществил регистрацию*

СТО 8286678-3.01.01-2013

**Проектирование, изготовление и возведение
несущих и ограждающих конструкций жилых,
общественных и промышленных зданий
из пенобетона и легких стальных тонкостенных конструкций
серии «Стилтаун» производства ООО «Андромета»**

Свидетельство выдано ООО «Андромета»

249032, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Энгельса, д. 9/20

Дата регистрации

10 августа 2015 г.

**И.о. Генерального директора
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»**


(личная подпись)
М.П. 

В.А. Витушкин
(инициалы, фамилия)

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	1
3	Термины и определения	2
4	Технические характеристики зданий из легких металлических конструкции (ЛСТК) и пенобетона	2
4.1	Энергоэффективность	2
4.2	Пожаростойкость	3
4.3	Сейсмостойкость	3
4.4	Экологичность	4
4.5	Долговечность	5
4.6	Экономичность	7
6	Основные нормируемые характеристики пенобетона	9
6.1	Материалы для изготовления пенобетона	9
6.2	Физико-механические характеристики	9
7	Основные рекомендации при проектировании зданий из ЛСТК и монолитного пенобетона	13
8	Основные конструктивные решения одноэтажных и многоэтажных зданий из ЛСТК и пенобетона	14
8.1	Фундаментно-цокольная часть	14
8.2	Наружные стены	22
8.3	Внутренние стены	28
8.4	Перекрытия из ЛСТК и пенобетона	36
8.5	Покрытия и узлы их опирания и сопряжения крыши	36
8.6	Устройство проемов в стенах из ЛСТК и пенобетона для установки оконных и дверных блоков	41
9	Теплотехнический расчет наружных стен зданий из ЛСТК, несъемной опалубки из плитного материала и пенобетона	48
10	Расчет беспроемных внутренних стен из пенобетона и ЛСТК на звукоизоляцию	50
11	Расчет покрытий на теплоизоляцию	52
12	Расчет перекрытий на звукоизоляцию	53
13	Возведение здания и устройство перекрытий из ЛСТК и пенобетона. Контроль качества пенобетона	54
14	Контроль качества пенобетона при возведении здания	54
15	Требования к отделке наружных стен из ЛСТК и пенобетона	55
	Приложение А (обязательное) Протоколы испытаний на огнестойкость фрагмента стены и перекрытия, выполненных из ЛСТК и пенобетона ООО «Андромета»	58
	Приложение Б (обязательное) Результаты испытания на морозостойкость пенобетона D250, изготовленного ООО «Андромета»	60
	Приложение В (обязательное) Профили холодногнутые из оцинкованной стали для строительства. ТУ 1122-001-82866678-2011	64
	Приложение Б (обязательное) Профили холодногнутые из оцинкованной стали для строительства. ТУ 1122-002-82866678-2013	78
	Библиография	98

Введение

Разработка настоящего СТО вызвана отсутствием унифицированных нормативных документов, отвечающих современным требованиям к изготовлению конструкций из ЛСТК и пенобетона и применению этих конструкций при строительстве зданий.

Существующая информация о нормативных показателях, изложенная в ГОСТ, СНиП, руководствах, инструкциях, очень разрознена, противоречива, во многом устарела. Настоящий СТО преследует цель систематизации существующих нормативных требований по проектированию и объединения их в единый документ.

Настоящий СТО выполнен в соответствии с требованиями действующих межгосударственных, федеральных и территориальных нормативных документов.

В разработанном СТО предложены современные конструктивные решения наружных и внутренних ограждений с использованием ЛСТК и пенобетона. Изложены правила по возведению ограждающих конструкций из пенобетона и ЛСТК и требования к отделке наружных стен.

Жилые, общественные, промышленные здания, у которых наружные, внутренние несущие стены, перекрытия и покрытия выполнены из легких металлических конструкций (ЛСТК), собираемых из тонкостенных холодногнутых профилей без сварки на болтах и саморезах, изготовленных из оцинкованного листа толщиной 0,5 – 3,0 мм и пенобетона, заключенного в несъемную опалубку из плитного материала (ЦСП, СМЛ и т. д.), характеризуются следующими особенностями. ЛСТК в здании выполняют несущие функции, обеспечивая его прочность, жесткость, сейсмостойкость. Пенобетон обеспечивает тепловую защиту здания, межквартирную звукоизоляцию, огнестойкость конструкций, антикоррозионную стойкость, способствует увеличению их несущей способности (увеличивает устойчивость стенок и полок швеллеров). Таким образом, ЛСТК в здании отвечают за прочность, жесткость, сейсмостойкость, а пенобетон с плитным материалом придает ограждающим конструкциям такие свойства как экологичность, энергоэффективность, пожаростойкость, долговечность.

Эти дополнительные свойства конструкций из ЛСТК расширяют область их применения. Особенно важно, что открывается возможность строить жилые дома, офисные, общественные здания средней этажности (до 6 этажей включительно), т.к. применение долговечного утеплителя, увеличение огне- и коррозионной стойкости ЛСТК гарантирует срок службы здания более 50 лет, что соответствует требованиям ГОСТ Р 54257-2010.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Проектирование, изготовление и возведение несущих и ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий из пенобетона и легких стальных тонкостенных конструкций серии «Стилтаун» производства ООО «Андромета»

Утвержден и введен в действие:

Приказом генерального директора ООО «Андромета» № 29.1 от «15» ноября 2013 г.

Дата введения 2013-11-15

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт организации (СТО) устанавливает эффективное и безопасное использование легких профилей из оцинкованной стали (ЛСТК) совместно с пенобетоном в конструкциях при строительстве жилых, общественных и промышленных зданий.

1.2 Настоящий СТО распространяется на разработку технических условий, проектной и технологической документации на конструкции из ЛСТК в пенобетоне, а также на изготовление и использование их при строительстве зданий.

1.3 СТО предназначен для юридических лиц, независимо от организационно-правовой формы и формы собственности, принадлежности и государственности, для физических лиц (граждан), занимающихся индивидуальной трудовой деятельностью или осуществляющих индивидуальное строительство, а также для иностранных юридических и физических лиц, работающих в области проектирования и строительства на территории Российской Федерации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем СТО использованы следующие нормативные документы:

ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия
ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
ГОСТ 11118-10 Панели из автоклавных ячеистых бетонов для наружных стен зданий. Технические требования
ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности
ГОСТ 12730.2-78 Бетоны. Метод определения влажности
ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. Технические условия
ГОСТ 27005-86 Бетоны легкие и ячеистые. Правила контроля средней плотности
ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть
ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции
ГОСТ 30247.1-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость
ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия
ГОСТ 31359-2007 Бетоны ячеистые автоклавного твердения

ГОСТ 7798-70 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры
ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия
ГОСТ Р 52246-2004 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия
ГОСТ Р 52644-2006 Болты высокопрочные с шестигранной головкой с увеличенным размером под ключ для металлических конструкций. Технические условия
ГОСТ Р 53231-2008 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования
СН 277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона
СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
СНиП 23-01-99 Строительная климатология
СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий
СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции
СП 16.13330.2011 Стальные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-23-81)
СП 20.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*)
СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий
СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий
СП 50.13330-2012 Тепловая защита зданий
СП 51.13330.2011 Защита от шума
СТО 0065-2011 Винты самонарезающие и самосверлящие «HARPOON» для крепления стеновых и кровельных конструкций из стального оцинкованного холоднокатаного листа
EN 1993-1-1-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий
EN 1993-1-3-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов
EN 1993-1-5-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-5. Пластинчатые элементы конструкций

3 Термины и определения

3.1 ЛСТК - легкие стальные тонкостенные конструкции, выполненные из холодногнутых профилей, изготовленных из оцинкованной стали толщиной от 0,5 до 4,0 мм.

3.2 Пенобетон представляет собой легкий пористый искусственный каменный материал на цементном вяжущем. Поры в пенобетоне образуются в результате перемешивания цементно-песчаного раствора с пенообразующими или воздухововлекающими добавками.

3.3 Несъемная опалубка из плитного материала - плоский плитный или листовой материал различной толщины типа ЦСП, СМЛ, гипсокартон и т.д.

4 Технические характеристики зданий из легких металлических конструкции (ЛСТК) и пенобетона

4.1 Энергоэффективность

4.1.1 Теплоаккумулирующие свойства стен здания из ЛСТК и пенобетона определяются теплоаккумулирующими свойствами пенобетона. Они характеризуют количество аккумулированного тепла и отношение времени остывания материала t , сек, к аккумулированному им теплу Q , Дж/м²·°С. Чем меньше величина этого отношения, тем

быстрее теряет тепло рассматриваемый материал. На рисунке 4.1 приведены сравнительные показатели, характеризующие теплоаккумулирующие свойства материала.

Из приведенного сравнения следует, что у пенобетона и дерева время остывания стены примерно одинаково и больше, чем у полнотелого кирпича, в 4,8 раза, пустотелого в 3 раза. Однако для нагревания пенобетонной стены расходуется тепла меньше, чем стены из дерева примерно в 2 раза.

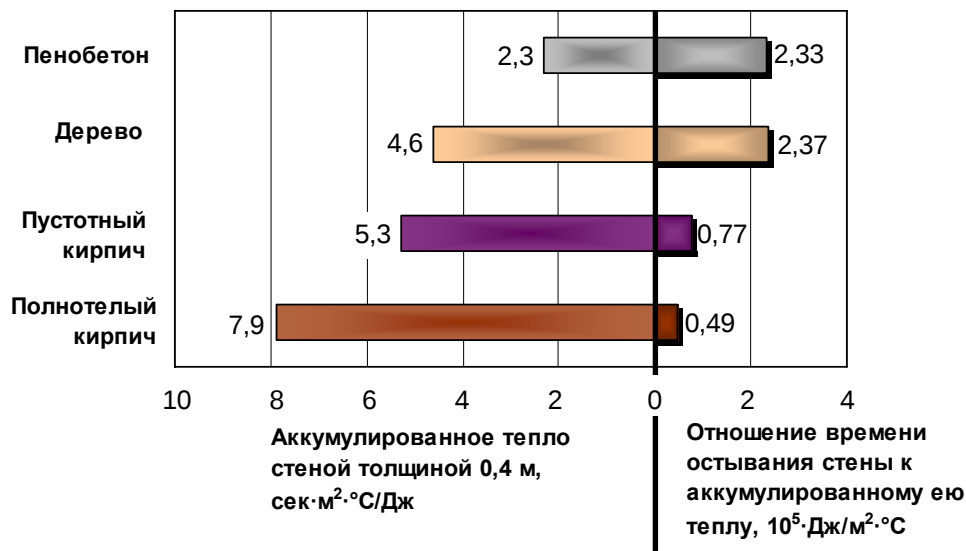


Рисунок 4.1 – Сравнительные показатели теплоаккумулирующих свойств кирпича, дерева, пенобетона

4.2 Пожаростойкость

4.2.1 Пенобетон и плитный материал (ЦСП, СМЛ, гипсокартон) являются негоряемыми строительными материалами (НГ), в соответствии ГОСТ 31359, ГОСТ 30244, обладающими низкой теплопроводностью. Это замедляет скорость нагревания ЛСТК и потерю прочности пенобетона.

4.2.2 В стенах, перекрытиях и покрытиях ЛСТК, выполняющие несущие функции, окружены пенобетоном и изнутри также защищены слоем пенобетона толщиной 20 мм и плитным материалом. Испытания по ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94 на огнестойкость фрагментов стен и перекрытий показали (Приложение А – протоколы испытаний):

– стена несущая толщиной 215 мм, собранная из стального профиля С150х45х12х1,6 с заполнением пенобетоном D300 в несъемной опалубке из СМЛ толщиной 12,5 мм под равномерно-распределенной нагрузкой 5,88 т/п.м, имеет предел огнестойкости REI 120.

– перекрытие толщиной 328 мм из фермы высотой 250 мм с поясом из профилей С150х45х12х1,6 с двуслойным заполнением пенобетоном D300 и D1000 в несъемной опалубке из СМЛ 12,5 мм под равномерно-распределенной нагрузкой 400 кг/м² обладает пределом огнестойкости REI 90. Полученные результаты пределов огнестойкости стен и перекрытий позволяют отнести их к классу пожарной опасности – КО (огнестойкие).

4.3 Сейсмостойкость

Здания из ЛСТК, имеющие в качестве несущей системы легкие стальные тонкостенные конструкции, способны, как показали расчеты, выдерживать сейсмические нагрузки до 9 баллов включительно по шкале Рихтера. Это объясняется поглощением энергии стальным каркасом здания, в котором для достижения этих свойств применяются еще дополнительные связи, а пенобетон дополнительно увеличивает их распорность, т.е. устойчивость стенок профилей (общую и местную).

4.4 Экологичность

4.4.1 Неавтоклавный пенобетон, в который заключен ЛСТК, представляет собой пористый каменный материал на минеральных вяжущих.

4.4.2 Несмотря на то, что пенобетон - высокопористый материал (пористость может достигать до 90 %), он не является гигроскопичным. Равновесная влажность пенобетонных стен, по данным многочисленных исследований, находится в пределах 4-5 % по массе, а тот же показатель стен из сосны и ели 15-20 % (согласно СП 23-101) – в 4 раза выше. При увлажнении пенобетон, в отличие от древесины, быстро высыхает и не коробится. В противоположность кирпичу, пенобетон не «сосет» воду, поскольку капилляры прерываются сферическими порами. Пористость обеспечивает его высокую морозостойкость, т.к. вода, превращаясь в лед и увеличиваясь в объеме, имеет с избытком место для расширения без угрозы разрыва материала. Морозостойкость даже незащищенного пенобетона может во много раз превысить морозостойкость красного, а тем более силикатного кирпича.

4.4.3 Важным свойством стен из пенобетона, характеризующего его как экологичный материал, является высокая паропроницаемость. Это свойство позволяет, как говорят, «дышать» стенам, обеспечивая свободный проход пара и газов (CO , CO_2 , CH_4) из помещений через стену (без ее увлажнения) и обратное поступление (извне) атмосферных отрицательно заряженных аэроионов – дыхательной компоненты воздуха («свежий воздух»).

Например, стена, имеющая толщину, обеспечивающую минимальное нормативное сопротивление теплопередаче $R_{\min} = 1,94 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, характеризуется паронепроницаемостью (рисунок 4.2):

- из пенобетона D250 - D300 и 2-х слоев ЦСП – $0,98 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$;
- из сосны и ели – $5,3 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$;
- из кирпича (в зависимости от пустотности) на цементном растворе $6,4 \div 13,1 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$.

Если же в кирпичной кладке имеется теплоизолирующая прослойка из пенополистирола или минеральной ваты в полимерной пленке, то паропроницаемость («дыхание») будет еще хуже.

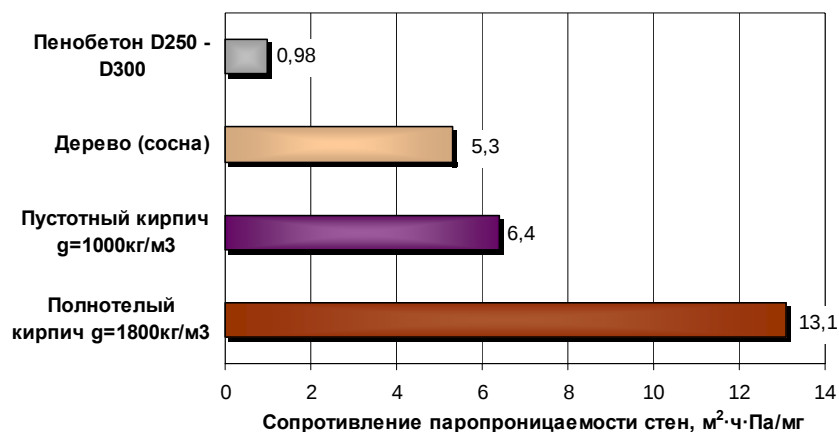


Рисунок 4.2 – Сравнительные показатели сопротивления паропроницаанию стен из пенобетона, дерева, кирпича, имеющих сопротивление теплопередаче $R_{\min}=1,94 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$

4.4.4 По радиоактивности пенобетон относится к I классу (низкий уровень) с приведенным излучением $A_{\text{эфф}}=54 \text{ Бк/кг}$. Его соседи – дерево, гипс, асбестоцемент. На рисунке 4.3 приведены сравнительные показатели по радиоактивности других строительных материалов.

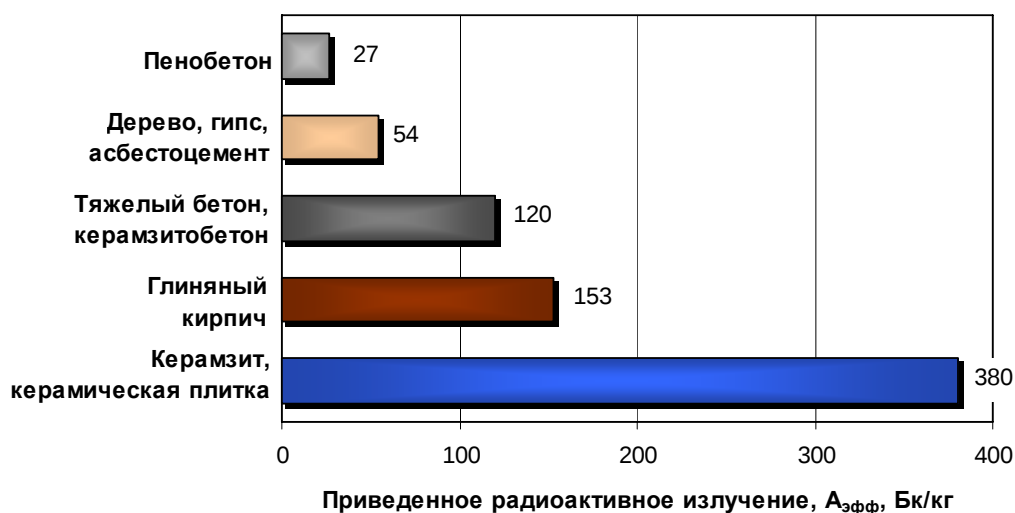


Рисунок 4.3 – Сравнительный уровень радиоактивности строительных материалов

4.5 Долговечность

4.5.1 Долговечность зданий, наружные стены которых выполнены из ЛСТК с пенобетоном, определяется долговечностью самого пенобетона, а также долговечностью ЛСТК в пенобетоне, которая характеризуется коррозионной стойкостью ЛСТК. Опыт эксплуатации зданий, стены которых выполнены из ячеистых бетонов, в том числе и пенобетонов, показал, что они ничем не уступают по срокам службы зданий со стенами из кирпича или бетона. Пенобетон D250, применяемый в наружных стенах, как показали испытания на морозостойкость, имеет марку F15 (Приложение Б – протоколы испытаний). Пенобетон в рассматриваемых зданиях защищен с наружной стороны, кроме отделки, плитным материалом, что дополнительно увеличивает срок службы таких конструкций.

4.5.2 Жилые, общественные и производственные здания, построенные из ЛСТК в пенобетоне, должны иметь обеспечение по долговечности конструкций в обычных условиях эксплуатации согласно ГОСТ Р 54257-2010 не менее 50 лет. Поэтому вопросу долговечности следует уделить особое внимание.

4.5.3 Долговечность ЛСТК в таких конструкциях определяется стойкостью к коррозии оцинкованной стали в пенобетоне, которая зависит от химических и электрохимических процессов, происходящих на границе контакта цинкового покрытия и пенобетона, а также от технологии изготовления и условий эксплуатации конструкции.

4.5.4 Долговечность ЛСТК с антикоррозионным цинковым покрытием в пенобетоне определяется следующими процессами.

4.5.4.1 Цинковое покрытие кислородо- и водонепроницаемо, что предотвращает влияние на электрохимическую коррозию неоднородности состава стали и характера ее обработки. Кроме того, цинк, обладая большим электрическим потенциалом, защищая сталь, выступает в этом случае катодом и этот вид защиты называется катодным. Энергия выхода электрона из цинка составляет 4,22-4,27 эВ, а из железа 4,71 эВ. Это указывает на большое количество электронов, выделяющихся и взаимодействующих с оксидантами, обеспечивая тем самым электронную защиту стали и спасая ее от коррозии.

4.5.4.2 В пенобетоне изменяется pH (щелочность), начиная с момента его укладки и во время дальнейшей эксплуатации конструкции. В свежееуложенном пенобетоне, изготовленном на портландцементе, величина $pH > 12$, что соответствует щелочной среде, и в процессе схватывания pH быстро снижается и в дальнейшем в процессе эксплуатации величина pH колеблется в пределах 9,5 – 11. Известно, что цинковое покрытие устойчиво к коррозии в щелочной среде при изменении pH в этом

диапазоне. Его термодинамическая неустойчивость прекращается при $\text{pH} < 12$. При снижении $\text{pH} < 11$ он становится термодинамически устойчив, т.к. химические реакции приводят к образованию малорастворимых комплексов $[\text{Zn}(\text{OH})_3]\text{Na}$, $\text{Ca}[\text{Zn}(\text{OH})_3]_2$ [3, 4, 5]. Степень стойкости цинкового покрытия в зависимости от pH хорошо демонстрируется диаграммой (рисунок 4.4) [6].



Рисунок 4.4 – Степень стойкости цинкового покрытия в зависимости от pH

Из диаграммы следует, что при pH 9-11 разрушение цинкового покрытия близко к малым величинам, которые можно принять равным 0,1-0,3 мкм/год. Это подтверждается исследованиями скорости коррозии в атмосфере Москвы в конструкциях из ячеистого бетона, армированных оцинкованной горячим способом арматурой при толщине защитного слоя 15 мм с раскрытием трещин 0,2 – 0,5 мм. Скорость коррозии в такой арматуре в конструкции с трещинами составила 0 – 0,5 мкм/год (в среднем 0,2 – 0,3 мкм/год) [1].

4.5.4.3 Влажность пенобетона в процессе эксплуатации здания убывает. Наиболее интенсивно коррозия протекает при влажности бетона 30 % по массе. В меньшей степени арматура корродирует при влажности бетона 40 % по массе. В этом случае ввиду избытка воды в порах бетона затруднен доступ кислорода воздуха к металлу. Еще более замедляется коррозия при влажности бетона 5 – 10 % по массе. В этом случае причиной замедления коррозии является небольшая влажность (до 5 % по объему). При влажности ячеистого бетона 5 % по объему (10 % по массе для бетона плотностью 500 кг/м³) коррозия арматуры после начальной фазы стабилизируется к 6-месячному сроку и в дальнейшем не развивается, т.к. прекращается электрохимический процесс из-за структурирования воды.

Следовательно, вторым мероприятием, предупреждающим развитие коррозии арматуры, является такая защита фасадной поверхности панелей, которая предотвратит увлажнение бетона в зоне, окружающей металл, сверх указанных величин. Такая защита может достигаться при использовании отделок, имеющих повышенную водонепроницаемость. Предел допустимого увеличения влажности бетона в зоне, окружающей арматуру, - 5% по объему регламентирован нормами СН 277-80. Он установлен по результатам опытов с ячеистыми бетонами на основе песка. Абсолютная удельная поверхность этих бетонов такова, что при влажности менее 5 – 8 % по объему большая часть влаги распределена по поверхности твердой фазы полимолекулярным слоем, подвижность молекул воды в котором ограничена и обычное протекание

процессов электрохимической коррозии затруднено. С изменением абсолютной удельной поверхности должна изменяться и влажность бетона, при которой коррозия не развивается. В зависимости от вида сырья и технологии производства ячеистые бетоны могут иметь различную удельную поверхность и различное содержание влаги в полимолекулярных слоях при одинаковом общем уровне влажности, и наоборот, одинаковой толщине полимолекулярных слоев воды бетонов с различной удельной поверхностью будет соответствовать разный уровень влажности.

4.5.4.4 Величина защитного слоя ЛСТК из пенобетона должна быть в армированных ячеистобетонных конструкциях согласно ГОСТ 11118-2010 не менее 25 мм. В наружных стенах из ЛСТК, пенобетона и несъемной опалубки, например из ЦСП, он составляет 32 мм (12 мм ЦСП + 20 мм пенобетона).

4.5.5 Стена из пенобетона и ЛСТК выполнена в несъемной опалубке из водостойкого плитного материала толщиной 12 мм. Этот плотный (до 1000 кг/м³) листовой материал с наружной и внутренней стороны стены не имеет трещин, что обеспечивает защиту от проникновения атмосферных осадков внутрь стены. Трещины с наружной и внутренней стороны отсутствуют.

4.5.6 На фрагменте конструкции стены с ЛСТК в пенобетоне D250 и ЦСП исследовался процесс высыхания пенобетона. Определялась влажность пенобетона по ГОСТ в изъятых из фрагмента образцах.

Влажность пенобетона в течение 3-х месяцев с начала заливки достигает 40 % по массе, через 6 месяцев – 15 %. Далее пенобетон в стене здания в процессе его эксплуатации высыхает в течение 1-1,5 лет до равновесной влажности 5-8 %. В дальнейшем она может снизиться до 4 %.

Из приведенных выше условий эксплуатации ЛСТК в пенобетоне с ЦСП при низкой влажности и в щелочной среде следует, что пенобетон и ЦСП являются дополнительной защитой ЛСТК от коррозии.

4.5.7 У ЛСТК цинковое покрытие классом 275 имеет толщину 20 мкм (ГОСТ Р 52246-2004). При средней величине его коррозии 0,25 мкм/год долговечность ЛСТК, исходя только из стойкости антикоррозионной цинковой защиты с учетом отсутствия трещин, будет не менее 80 лет. Поскольку низкоуглеродистая сталь, применяемая для изготовления ЛСТК, в щелочной пенобетонной среде обладает хорошей коррозионной устойчивостью, это дополнительно увеличивает срок эксплуатации таких конструкций [2]. Срок службы жилых и общественных зданий определен ГОСТ Р 54257-2010 более 50 лет.

4.5.8 В дополнение отметим, что сцепление горячеоцинкованных стальных элементов с бетоном на 5 – 10 % выше, чем неоцинкованных. Следовательно, можно считать, что оцинкованное покрытие не снижает сцепление стальных профилей с пенобетоном.

4.5.9 Из всех видов антикоррозионной защиты железа (меднение, хромирование, никелирование, полуда, эмалирование, хонингование и пр.) оцинковка для пенобетона является наилучшей, т.к. обеспечивает: механическую защиту от оксидантов, высокую адгезию к пенобетону, катодную защиту железа благодаря избыточным электронам цинка.

4.6 Экономичность

4.6.1 Возведение домов из ЛСТК, в отличие от обычного строительства из кирпича, газобетонных блоков, деревянного бруса, скорее относится к машиностроительному конструированию и максимально индустриализирует строительный процесс, делает его легко управляемым.

4.6.2 Главным преимуществом применения металлокаркасной технологии по сравнению с традиционными строительными технологиями является понижение

трудоемкости и себестоимости строительства, которое достигается благодаря ряду факторов:

- снижение в 2-4 раза веса конструкций по сравнению с обычно применяемыми технологиями (монолит-бетон, монолит-кирпич, панельное строительство);
- возможность применения легких фундаментов вследствие низкого собственного веса конструкций;
- сокращение сроков строительства в 1,5 – 2 раза из-за возможности вести работы непрерывно (в частности, и во время отверждения бетона, не дожидаясь окончания этого процесса);
- перспективность экономичного строительства в сложных климатических условиях, например – в районах Крайнего Севера (благодаря уменьшению глубины фундаментов по сравнению с традиционной застройкой), в зонах стихийных бедствий;
- высокая сейсмостойкость каркасных зданий (до 9 баллов сейсмической нагрузки);
- снижение затрат на строительство за счет сокращения отделочных работ на 30-35%;
- уменьшение приведенных трудовых затрат на 1 кв.м возводимого жилья;
- уменьшение общего расхода материалов, необходимых для возведения жилых зданий;
- долговечность, надежность зданий;
- высокие потребительские качества и экологичность зданий.

4.6.3 В таблице 4.1 приведены сравнительные технико-экономические характеристики каркасного строительства и наиболее широко распространенных технологий жилищного строительства, применяемых в России.

Таблица 4.1– Сравнительные характеристики стен здания

Характеристика	Строительство на металлокаркасе	Кирпичное строительство	Монолит-бетон	Панельное строительство
Средний срок строительства 6-этажного дома	4-6 месяцев	10-12 месяцев	8-10 месяцев	6-8 месяцев
Среднее соотношение стоимости строительства	1	2	1,5	1,2
Среднее соотношение стоимости отделочных работ	1	1,5	1,5	1,5
Среднее соотношение приведенных трудовых затрат	1	2	1,5	1,2
Среднее соотношение энергозатрат на отопление	1	1,5	1,3	1,3
Возможность легкого фундамента	ДА	НЕТ	НЕТ	НЕТ
Возможность круглогодичного строительства	ДА (при заливке в термооболочку)	НЕТ	НЕТ	НЕТ
Возможность бюджетного строительства в сложных климатических условиях	ДА	НЕТ	НЕТ	НЕТ

4.6.4 Эти дополнительные свойства конструкций из ЛСТК расширяют область их применения. Особенно важно, что открывается возможность строить жилые дома, офисные, общественные здания средней этажности (до 6 этажей), т.к. применение долговечного утеплителя, увеличение огне- и коррозионной стойкости ЛСТК обеспечивает срок службы здания не менее 50 лет, что соответствует требованиям ГОСТ Р 54257-2010.