

ДОРОШ АНТОНИНА НИКОЛАЕВНА

Инновационные фасадные технологии при строительстве и реконструкции
зданий и сооружений

6M072900 – Строительство

Автореферат

диссертации на соискание академической степени
магистра техники и технологии

Республика Казахстан

г. Усть-Каменогорск, 2011 г.

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете имени Д. Серикбаева

Научный руководитель: доцент Гольцев А.Г.

Официальный оппонент: зам. директора ТОО «ЛБСтрой»
Пшегодский О.А.

Защита состоится « 23 » июня 2011 года в 9 ч. на заседании диссертационного совета в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете имени Д. Серикбаева по адресу 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д. Серикбаева

Автореферат разослан «14» мая 2011 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Герасимов Евгений Петрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация посвящена анализу инновационных фасадных технологий.

Перечень ключевых слов

Конструктивные решения наружных стен, многослойные фасадные системы, теплоэффективные наружные стены, энергоэффективность, вентилируемый фасад, фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке, температурно-влажностный режим, конденсат, сопротивление паропроницанию стены, теплоизоляционные материалы,

Актуальность темы. Основной проблемой существующего жилищного фонда Республики Казахстан является то, что около 70% многоквартирных жилых домов недостаточно теплоизолированы и вследствие чего часть поступившего тепла теряется через ограждающие конструкции. Большой потенциал энергосбережения «спрятан» за улучшением теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. А именно, применение инновационных фасадных технологии при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Цель работы заключается в анализе современных видов фасадных систем, сравнительной оценке конструктивных решений с целью выявления наиболее эффективных вариантов по эксплуатационной надежности, стоимости, технологичности, ремонтпригодности, долговечности с разработкой предложений по их предпочтительности в практике строительства в ВКО.

Задачи работы

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- разработка классификации и системы критериев, характеризующих в совокупности достоинства и недостатки фасадных систем;
- выявление условий работы конструкционных и теплоизоляционных материалов в составе теплоэффективных наружных стен, систематизация основных факторов, определяющих надежность и долговечность теплоэффективных стен, разработка рекомендаций по выбору стеновых и теплоизоляционных материалов с целью обеспечения эксплуатационной надёжности наружных стен;
- разработка предложений и рекомендаций по предпочтительности конструктивных решений наружных теплоэффективных стен в климатических условиях Восточного Казахстана по эксплуатационной надежности, стоимости, технологичности, долговечности.

Методы работы

Для решения поставленных задач были использованы такие подходы как сбор, анализ расчетов, сравнение и выявление достоинств и недостатков фасадных систем.

Научная новизна работы характеризуется следующими результатами:

- разработана система критериев сравнительной оценки конструктивных решений теплоэффективных наружных стен по параметрам эксплуатационной надежности, ремонтпригодности и долговечности, основанная на анализе условий работы и долговечности применяемых в составе наружных стен конструкционных и теплоизоляционных материалов;
- для климатических условий г.Усть-Каменогорска Восточно-Казахстанской области получены данные по параметрам температурно-влажностного режима эксплуатации теплоэффективных наружных стен пяти основных конструктивных типов.

Практическое значение работы заключается в следующем:

- разработана классификация перспективных для климатических условий г. Усть-Каменогорска технических решений наружных теплоэффективных стен зданий, стеновых и теплоизоляционных материалов в составе этих конструкций стен.

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых источников и содержит пятьдесят восемь листов печатного текста, 14 рисунков, 13 таблиц и одно приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранного направления, сформулированы цели и задачи исследований.

В первой главе представлен обзор и анализ опыта применения фасадных технологий при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

С появлением новых нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий вошли в практику проектирования и строительства жилых домов и зданий другого назначения многокомпонентные фасадные системы. Для климатических условий Республики Казахстан уровень термосопротивления наружных стен жилых домов, проектируемых по так называемому предписывающему подходу, возрос. Это привело в жилищном строительстве к отказу от традиционных кирпичных стен толщиной 64 см и переходу к теплоэффективным многослойным стенам с использованием в качестве теплоизоляционного слоя эффективных утеплителей.

Выполненный мною анализ показал, что в практике проектирования и строительства жилых домов и зданий другого назначения в настоящее время применяется пять основных конструктивных решений фасадных систем.

Трехслойная стена по системе «Вентилируемый фасад».

Фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке.

Трёхслойная стена на основе штучных стеновых материалов.

Стена в несъёмной пенополистирольной опалубке.

Стена на основе ячеистобетонных блоков.

Во второй главе приведен анализ температурно-влажностного состояния материалов в составе теплоэффективных стен различных типов при эксплуатации в условиях Восточно-Казахстанской области.

Для пяти компоновок теплоэффективных стен, рассмотренных в первой главе, выполнены расчёты и построены графики распределения максимального парциального давления водяного пара E_i и изменения действительного парциального давления водяного пара e_i в толще стен. Данные для компоновки по системе «Вентилируемый фасад» представлены на рисунке 1.

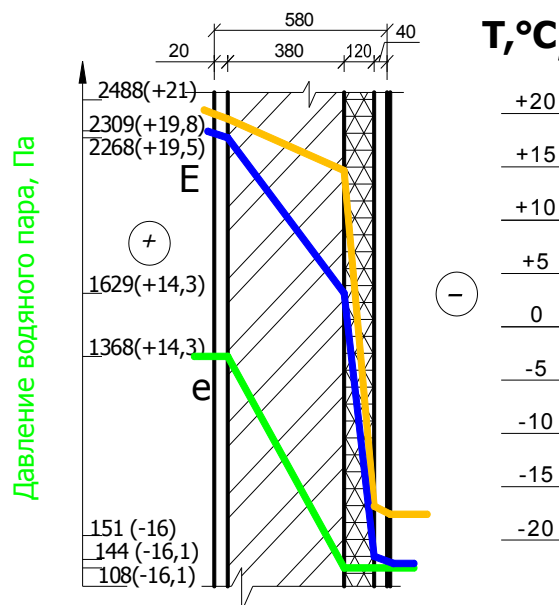


Рисунок 1 - Графики распределения парциального давления и температуры по толщине стены для наиболее холодного месяца (января) для климатических условий г. Усть-Каменогорска

По результатам расчётов установлено, что в климатических условиях ВКО при применении 5-ти типов рассматриваемых теплоэффективных стен с утеплителями на основе базальтоволоконных и стекловолоконных плит толщиной 120...150 мм, беспрессового пенополистирола ПСБ-С по ГОСТ 15588-86 толщиной 100...150 мм накопления влаги за годовой период эксплуатации и избыточного увлажнения материала в зимний период не происходит (таблица 1).

В соответствии со СН РК 2.04-21-2004 для названных типов теплоэффективных стен был выполнен расчёт сопротивления паропрооницанию. Результаты расчёта приведены частично в таблице 1.

Рассматриваемые конструкции теплоэффективных стен не накапливают влагу в годовом цикле, т.е. не ухудшают своих теплотехнических свойств во времени.

Таблица 1 - Характеристика основных компоновок наружных теплоэффективных стен зданий по влажностному режиму при эксплуатации в климатических условиях г.Усть-Каменогорска

Компоновка (в соответствии с рисунками 2.2 и 2.3)	Сопротивление паропрооницанию, $m^2 \cdot ч \cdot Па / мг$			Вывод о возможности накопления влаги в годовом цикле и за 5 зимних месяцев
	Расчетное	По СН РК 2.04-21- 2004		
		R_{vp}	R_{vp1}^{req}	
Вариант 1	4,1	-0,2	-0,1	Не накапливается
Вариант 2 с утеплителем	3,7	-1,95	-0,32	Не накапливается

ПСБ-С (180 мм, $\gamma=20$ кг/м ³) и воздушной прослойкой				
Вариант 2 а	3,7	-0,2	-0,1	Не накапливается
Вариант 3	2,43	-1,4	1,85	Не накапливается
Вариант 4	2,7	0,1	0,33	Не накапливается
Вариант 5	4,87	-0,35	-0,24	Не накапливается
Вариант 5а	6,2	1	4,6	Влага в годовом цикле не накапливается, однако имеется избыточное увлажнение за зимний период

В третьей главе выполнен анализ факторов, оказывающих влияние на эксплуатационную надежность и долговечность современных многослойных теплоэффективных наружных стен зданий, приводятся рекомендации по выбору строительных материалов для конструктивных элементов стен. Основные результаты исследований и оценок приведены в таблице 2.

В отличие от монослойной стены на основе штучных стеновых материалов, современные теплоэффективные стены являются многоэлементными конструкциями, что снижает их надежность с учетом вероятности отказов из-за воздействия большого количества факторов, оказывающих влияние на их эксплуатационную надежность и долговечность.

Работоспособность и долговечность внутреннего несущего слоя теплоэффективных стен весьма высока и превосходит эти показатели для монослойных стен. Предопределяется это тем, что внутренний слой в течение всего срока эксплуатации объекта находится в режиме положительных температур. Материал внутреннего слоя не подвергается поверхностному замачиванию и осушению, циклическому замораживанию и оттаиванию в переходные периоды года. Безотказность (сохранение работоспособности) материала внутреннего слоя для всех видов многослойных стен в данном случае будет превосходить нормативный срок службы здания.

В более тяжелых условиях эксплуатируется гидрозащитная штукатурка в системах фасадной теплоизоляции, гидрозащитный листовой экран в системах «Вентфасад», открытые воздействию внешних факторов.

Теплоизоляционный слой толщиной 120-150 мм для климатических условий ВКО по требованиям теплозащиты должен быть выполнен в виде непрерывного экрана, не формировать разрывов в цикле эксплуатации вследствие усадки, термических деформаций, осадки при увлажнении. Его срок службы, по возможности, должен приближаться к нормативному сроку службы всей стены, т.

к. замена утеплителя сопряжена в ряде конструкций стен с низкой ремонтпригодностью облицовочного слоя, гибких связей и др., и, по этим причинам, низкой ремонтпригодностью самого теплоизоляционного слоя.

Гибкие связи в структуре теплоэффективных стен практически недоступны для наблюдения за их состоянием и поэтому малоремонтпригодны. При отказе из-за коррозионного поражения оцинкованных стальных связей из-за низкого качества оцинковки, работающей в контакте с периодически увлажняемым утеплителем, в особенности с минеральной ватой с повышенным влагопоглощением, возможен отказ связей и обрушение облицовочного слоя. Безотказность связей из легированной стали составляет 60-100 лет, базальтопластиковых и стеклопластиковых связей – 80-100 лет.

В соответствии с обобщениями, приведенными в таблице 2, пять основных вариантов теплоэффективных наружных стен зданий можно классифицировать по двум группам.

Таблица 2 – Анализ факторов, оказывающих влияние на эксплуатационную надежность и долговечность современных многослойных теплоэффективных наружных стен зданий, и рекомендации по выбору строительных материалов и изделий для теплоэффективных стен

Наименование материала (элемента) стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность материалов отдельных элементов стены	Прогнозируемая безотказность (работоспособность до проведения капитального ремонта), лет	Степень доступности для обнаружения отказов					Рекомендации по выбору строительных материалов и изделий для теплоэффективных стен и их характеристики	
			Ремонтопригодность:	Приспособленность к устранению дефектов путем проведения ремонта (по пятибалльной шкале)					
				Стена в виде вентилируемого фасада	Стена по системе фасадной теплоизоляции	Стена в несъемной пенополистирольной опалубке	Стена в ячеистобетонных блоках		Трехслойная стена в составе панельной серии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Внутренний несущий слой									
Вибропрессованные бетонные блоки	Физическое старение и деструкция материала в течение длительного времени (не менее нормативного срока службы здания)	150 – 200	Доступен/ 4	Доступен/ 4	-	-	-	M200-M500, F100-F200	
Керамический кирпич		150 – 300	Доступен/ 4	Доступен/ 4	-	-	-	M100-M200, F50-F75	
Силикатный кирпич		100 – 150	Доступен/ 4	Доступен/ 4	-	-	-	M100-M300, F35-F50	
Железобетон на основе тяжелого бетона		150 – 200	Доступен/ 4	Доступен/ 4	Недоступен/4	-	Доступен/ 4	B20 и выше, F100-F200	
Автоклавные газобетонные блоки плотностью 400, 500, 600 кг/м ³	Карбонизация, размораживание поверхностного слоя при увлажнении	100 – 120	-	-	-	Доступен/ 4	-	B1,5-B3,5, F15-F35	
Теплоизоляционный слой									
Пенополистирол беспрессовый, $\gamma=18-25$ кг/м ³	Старение полимеров (пенополистирола, синтетических связующих минеральной ваты); деструкция при старении минеральных волокон минераловатных плит; деструкция при увлажнении и размораживании	60 – 80	-	Доступен/ 4	Доступен/ 4	-	Недоступен/3-	ПСБ-С, $\lambda_A=0,038-0,041$ Вт/м ⁰ С, $\mu=0,05$ мг/(м ^ч Па)	
Полужесткие базальтоволоконные плиты		80 – 100	Доступен/ 4-5	-	-	-	Недоступен/3-	Paroc, Rockwool, Акси, Тизол, $\gamma=35-60$ кг/м ³	
Базальтоволоконные плиты повышенной жесткости		80 – 100	-	Доступен/ 4	-	-	-	Paroc, Rockwool, $\lambda_A=0,035-0,045$ Вт/м ⁰ С, $\gamma=100-180$ кг/м ³	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Полужесткие стекловолоконные плиты	вследствие отказа наружного слоя	80 – 100	Доступен / 4-5		-	-	Недоступен / 3-	Isover, URSA, $\lambda_A=0,035-0,042$ Вт/м°C, $\gamma=35-60$ кг/м ³
Наружный облицовочный слой								
Вибропрессованные бетонные блоки	Деструктивные процессы при воздействии атмосферных осадков, замораживании-оттаивании в переходные периоды	100 – 150	-	-	-	-	Доступен / 4	M100 и выше, F100 и выше
Керамический кирпич		100 – 150	-	-	-	-		M100 и выше, F50
Объемно-окрашенный силикатный кирпич		60 – 100	-	-	-	-		M100 и выше, F50
Гидрозащитная штукатурка по сетке	Растрескивание и отслоение штукатурок вследствие усадки, перепада температур, замораживания конденсатной влаги, старения арматурных сеток	25 – 50	-	Доступен / 4	Доступен / 4	Доступен / 4	-	M50-M150, F50-F75, прочность отрыва от основания ≥ 1 МПа, паропроницаемость $\geq 0,5$ мг/(м²чПа)
Элементы защитного экрана в виде: -фиброцементных крупноразмерных листов (типа Этернит, Семстоун, Фасст); - мелкоштучных фиброцементных элементов (типа Марморок, Колорок); -керамогранита	Деструктивные процессы в материале в условиях периодического замачивания-осушения, замораживания-оттаивания в переходные периоды, усадочное коробление фиброцементных листов, разрушение зоны контакта крепления листа шурупом, болтом. Физическое старение материала	40 – 60	Доступен / 4-5					F100 и выше
		60 – 80	Доступен / 4-5	-	-	-	-	
		80 – 100	Доступен / 4-5					
Опорные столики под облицовки, гибкие связи, металлофурнитура для навески защитного экрана								
Опорный столик под облицовочный слой: - из оцинкованной уголкового стали; - из конструкционного керамзитобетона; - из железобетона	Отказ оцинковки и коррозия металла от действия влаги Размораживание, выщелачивание и карбонизация бетона защитного слоя и коррозия арматуры	20 – 30	-	-	-	-	-	Керамзитобетон кл. В15, F50, плотностью 1800кг/м ³ Железобетон кл. В25-В35 и выше, F200
		10 – 20	-	-	-	-	Малодоступен / 3-	
		80 – 120	-	-	-	-	Малодоступен / 3-	
Гибкие связи: из легированной стали; металлические	- нет -отказ защиты и коррозия	60 – 100	-	-	-	-	Недоступны / 3-	Высококачественная антикоррозионная обработка стальных

оцинкованные; базальтопластиковые; стеклопластиковые	металла от действия влаги - нет - нет	40 – 60 80 – 100 80 – 100					- -	связей, нержавеющей марки сталей
Металлофурнитура для навески защитного экрана	Коррозия металлофурнитуры при увлажнении минераловатных утеплителей	30 - 50	Малодоступна/ 4	-	-	-	-	

Первая группа: вариант компоновки 1 – стена по системе «Вентфасад»; 5 - трехслойная стена в составе панельной серии жилых домов;

Эта группа характеризуется многоэлементностью (7 элементов и более) и низкими показателями по ремонтпригодности (по доступности отдельных элементов для наблюдения за их техническим состоянием и по приспособленности к реализации устранения дефектов – на уровне 3 баллов по пятибалльной системе).

Эти варианты стен могут иметь высокую эксплуатационную надежность в течение нормативного срока службы здания при условии использования высококачественных материалов (безусадочные долговечные утеплители, обладающие низким водопоглощением, коррозионностойкие гибкие связи и металлические подконструкции, материал в облицовке, обладающий высокой морозостойкостью, долговечные пленочные материалы для водоотводящего фартука-флашинга) и при полном и качественном выполнении всех технологических переделов в процессе возведения стены согласно технологическим регламентам.

Данные стены являются полноценными в климатических условиях Восточно-Казахстанской области.

Вторая группа: вариант компоновки 2 - стена по варианту фасадной теплоизоляции; 3 - стена в несъемной пенополистирольной опалубке; 4 - монослойная стена на основе автоклавных газобетонных блоков.

Эта группа характеризуется умеренными показателями по числу элементов стен (от двух до четырех) и приемлемой ремонтпригодностью - на уровне 4 баллов по пятибалльной системе.

Стена по варианту 2 практически не нагружает дополнительно внутренний несущий слой и поэтому, помимо нового строительства, она является наиболее рациональным решением при санации жилья старых массовых серий в кирпиче и крупнопанельном варианте. Конструкционный слой санированной стены в этом случае переводится в комфортный круглогодичный режим положительных температур, выводится из контакта с внешними факторами, что, помимо энергосбережения за счет снижения энергозатрат на отопление, обеспечивает значительное продление срока службы наружной стены и здания в целом. В этом случае в новом строительстве рациональным для внутреннего слоя является использование силикатного кирпича, т.к. при этом исключаются два его основных недостатка - пониженная морозостойкость и водостойкость.

Вариант 3 (стена в несъемной пенополистирольной опалубке) при использовании стандартных по геометрии блоков несъемной опалубки получает значительное дополнительное увлажнение конструкционного слоя (железобетона). Данный недостаток может быть устранен оптимизацией геометрии серийного блока.

Монослойная наружная стена из автоклавных газобетонных блоков (вариант 4), решаемая для климатического региона ВКО в толщине 500 мм из блоков со средней плотностью 500 кг/м³ в сочетании с фасадной

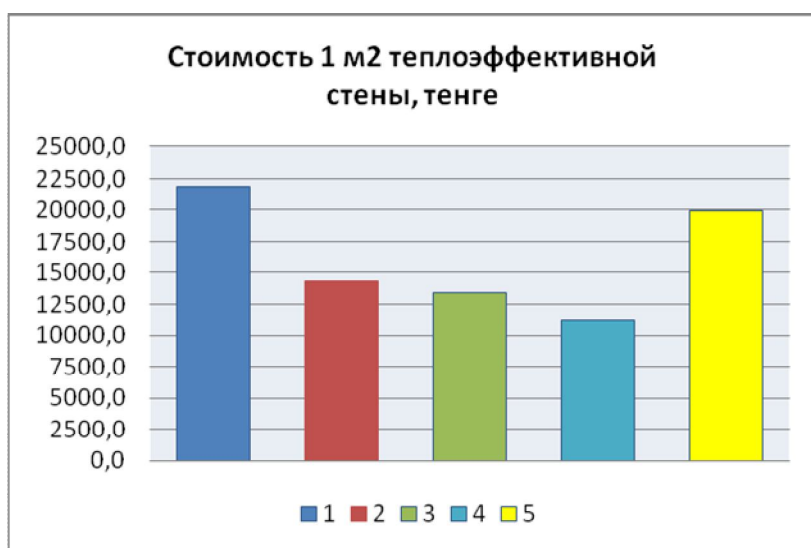
гидрозащитной штукатуркой, является высокотехнологичным, приемлемым по долговечности и наиболее дешевым техническим решением.

Использование в наружных стенах неавтоклавно пенобетона не рекомендуется из-за его высокой усадки и низкой трещиностойкости. Варианты 1 и 5 в климатических условиях г. Усть-Каменогорска полноценны по термовлажностному режиму в годовом цикле и за 5 зимних месяцев.

В четвертой главе разработаны рекомендации по предпочтительности конструктивных решений наружных стен в климатических условиях Восточно-Казахстанской области.

Как показывают результаты анализа, наиболее эффективными конструктивными решениями теплоэффективных наружных стен по стоимости, технологичности и

и ремонтпригодности являются фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке и монослойная стена на основе автоклавных газобетонных блоков. На диаграмме (рисунок 2) приведена оценочная стоимость материалов на 1 м² стены, рассчитанная по состоянию на 2011 г.



- 1 - трёхслойная стена по системе «Вентилируемый фасад»;
- 2 - фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке;
- 3 - стена в несъёмной пенополистирольной опалубке;
- 4- наружная стена на основе автоклавных газобетонных блоков;
- 5 - трёхслойная стена на основе железобетонных панелей ;

Рисунок 2 - Сравнительная стоимость материалов на 1 м² различных конструктивных решений теплоэффективных наружных стен.

В заключении сформулированы основные выводы о проделанной работе. Даны рекомендации по предпочтительности фасадных технологий и конструктивных решений наружных стен в климатических условиях Восточно-Казахстанской области.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация Дорош Антонины Николаевны посвящена анализу: «Иновационных фасадных технологии при строительстве и реконструкции зданий и сооружений», с целью выявления наиболее эффективных вариантов по ремонтпригодности, стоимости, технологичности в Восточно-Казахстанской области.

Выявлены факторы, влияющие на эксплуатационную надежность и долговечность современных фасадных технологий. Проведен расчет сопротивления паропрооницанию для пяти вариантов теплоэффективных стен.

АНДАТПА

Магистрант Дорош Антонина Николаевнаның магистрлік диссертациясы жөндеуге жататыны, бағасы, технологиялылығы бойынша Шығыс Қазақстан облысындағы неғұрлым тиімді нұсқаларды анықтау мақсатымен «Ғимараттар мен үймереттерді салу және реконструкциялау кезіндегі иновациялық фасадтық технологияларға» арналған.

Заманауи фасадтық технологиялардың пайдалану беріктігі мен ұзақ жыл қолданылуына ықпал ететін факторлар анықталды. Жылу тиімді қабырғалардың бес нұсқасы үшін бу ену қарсылығы есептеліп шығарылды.

ABSTRACT

Innovative Façade Technologies in the Construction of Buildings and Facilities.

Antonina Nikolaeyevna Dorosh's master's thesis is devoted to the analysis of innovative façade technologies in the construction of buildings and facilities and is focused on revealing the most effective alternative regarding reparability, cost, and technological effectiveness in East Kazakhstan (Oblast).

Factors influencing the maintainability and service life of modern façade technologies have been revealed. The calculation of water vapor permeability resistance for five alternatives of thermoeffective walls has been done.