Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Дацко Екатерина Дмитриевна

Исследование применения инновационных технологий гидроизоляции при проектировании зданий и сооружений

Направление подготовки
08.04.01– «Строительство»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2025

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор Сысоев Олег Евгеньевич

Рецензент — Головко Александр Владимирович, доцент кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» ДВГУПС, кандидат технических наук

Защита состоится «18» июня 2025 года в 09 часов 00 мин на заседании Государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 212/1.

Автореферат разослан 11 июня 2025 г.

Секретарь ГЭК И.В. Погорельских

Общая характеристика работы

Актуальность. В настоящее время наблюдаются растущие темпы производства работ, направленных на ремонт и восстановление гидроизоляции подземных конструкций эксплуатируемых зданий. Согласно статистике, ежегодно порядка 207 зданий в Хабаровском крае нуждаются в ремонте гидроизоляционного слоя фундамента. В случае игнорирования необходимости проведения ремонта повреждённая часть гидроизоляции приводит как к протечкам и образованию плесени, грибка так и к чрезвычайным ситуациям, таким как:

- разрушение фундамента и стен;

- обрушение конструкций.

Важно отметить, что события последнего времени, связанные с введением санкций ряда государств в отношении нашей страны, побуждают отечественных производителей к созданию собственных гидроизоляционных материалов, а также к разработке и внедрению новых технологий устройства гидроизоляции. Учитывая перечисленное, поиск наиболее эффективного технологического решения для устройства подземной гидроизоляции эксплуатируемых зданий, находящихся в сложных условиях плотной городской застройки, крайне необходим.

В связи с чем к 2030 году ожидается рост общего числа гидроизоляционных ремонтных работ ориентировочно на 50 %.

Целью работы определение наиболее усовершенствованной технологии инъекционной гидроизоляции подземных частей эксплуатируемых зданий в стесненных условиях.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- анализ нормативных документов в области технологии устройства гидроизоляции подземной части зданий;

- подбор состава для устройства инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий в стесненных условиях;

- оценка эффективности разработанной технологии устройства гидроизоляции подземных частей эксплуатируемых зданий в стесненных условиях методом экспертно-квалиметрического анализа.

Объектом исследования является технологический процесс устройства инъекционной гидроизоляции подземной части здания в стесненных условиях.

Предметом исследования являются основные параметры технологических процессов устройства инъекционной гидроизоляции подземной части здания в стесненных условиях.

Методы исследования.

Базируется на научных трудах отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области технологии и организации строительства, применения общенаучных методов исследования: сравнительно-аналитического, теории принятия решений, экспертных оценок.

Степень достоверности результатов диссертационной работы обусловлена применением обоснованных методов теоретических и экспериментальных исследований, а также параметров технологических процессов, стандартных методик испытаний, сертифицированных испытательных приборов и занимающихся изучением актуальных вопросов в данной области.

Научная новизна состоит в усовершенствовании имеющихся технологий по устройству гидроизоляции подземной части зданий усовершенствованным технологическим процессом. Суть предлагаемой технологии заключается в том, что при устройстве инъекционной гидроизоляции подземной части эксплуатируемого здания в стесненных условиях создается плотная наружная оболочка на основе минеральных компонентов с минимальным их расходом за счет минимизации диффузии грунтовых вод.

Практическая значимость

Заключается в том, что рекомендации могут быть использованы в ходе устройства инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий при

строительных и ремонтно-строительных работах с учётом стесненных условий. Рациональные технологические параметры позволят повысить ремонтопригодность и долговечность эксплуатации конструкций подземных частей зданий, понизить трудоемкость работ по выполнению ремонтных работ при гидрозащите конструкций подземных частей зданий.

Апробация работы.

Основные положения диссертации опубликованы в двух научных статьях. Материалы диссертации опубликованы в трех научных журналах:

- Дацко Е.Д. Сысоев Е.О. Использование инъекционной гидроизоляции. / Е.Д. Дацко Е.О. Сысоев // Материалы Всероссийской научно-практической
конференции молодых ученых «Наука, инновация и технологии: от идей к внедрению», Комсомольск-на-Амуре 16-17 ноября 2023 г.

- Дацко Е.Д. Сысоев О.Е. Оценка влияния содержания бентонитовой глины на технические характеристики гидроизоляционного состава. / Е.Д. Дацко О.Е. Сысоев // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», Комсомольск-на-Амуре 08-12 апреля 2024 г.

- Дацко Е.Д. Сысоев О.Е. Экспертно-квалиметрический подход к комплексной оценке гидроизоляционных систем . / Е.Д. Дацко О.Е. Сысоев // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции «Региональные аспекты развития науки и образования а области архитектуры, строительства, землеустройства, кадастров и техносферной безопасности в начале III тысячелетия», Комсомольск-на-Амуре 16-18 декабря 2024 г.

Личный вклад состоит в проведении анализа ранее проведенных исследований и оценки технологичности устройства гидроизоляции подземных частей зданий в стесненных условиях, обеспечивающей максимальное использование потенциальных возможностей набухающих составов для водо-

непроницаемости наружных поверхностей подземных частей зданий, формировании последовательности и состава технологических операций и процессов нагнетания раствора в конструкцию зданий, усовершенствования показателя водонепроницаемости защищенной подземной конструкции здания для характеристики водонепроницаемости конструктивных элементов подземной части зданий, установлении технологических параметров и исследовании их влияния на продолжительность ремонтных работ заглубленной части зданий, проведение многокритериальной оценки и выборе на ее основе рационального технологического решения по устройству инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий в стесненных условиях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 82 страницах, содержит 32 таблицы, 15 рисунков и список литературы, включающий 42 наименований.

Основное содержание работы

Во введение представлено обоснование актуальности исследования, определены объект и предмет исследования, поставлены цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна, практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, и научные результаты.

Первая глава. Анализ нормативно-технической базы и научных исследований в области способов устройства гидроизоляции подземной части эксплуатируемых зданий в стесненных условиях при строительном производстве.

Содержит результаты анализа отечественного и зарубежного опыта в области разработки технологий устройства гидроизоляции для подземных частей зданий с применением новых или усовершенствованных материалов. В ходе изучения вопроса отмечен высокий спрос на технологические решения, обеспечивающие надежную и долговечную гидрозащиту конструкций подземных частей эксплуатируемых зданий в условиях плотной городской застройки. Однако в большинстве проводимых отечественных и зарубежных исследований акцент делается в основном на усовершенствовании материалов и в меньшей степени на технологии устройства гидроизоляции.

В то же время данные, приводимые в различных отечественных литературных источниках свидетельствуют о том, что нарушение работы гидроизоляционных систем в 90% случаях происходит на ранней стадии эксплуатации.

К причинам сложившейся ситуации можно отнести как недостаточность внимания вопросу совершенствования технологий устройства гидроизоляции подземных частей эксплуатируемых зданий в зависимости от различных условий, так и низкое качество выполняемых ремонтно-строительных работ, экономия средств, выделяемых на производство работ, наличие на рынке значительного количества непроверенных и некачественных материалов и технологий. В результате исследования причин, влияющих

на нарушение целостности гидроизоляции подземных конструкций зданий, составлен график, изображенный на рисунке 1.

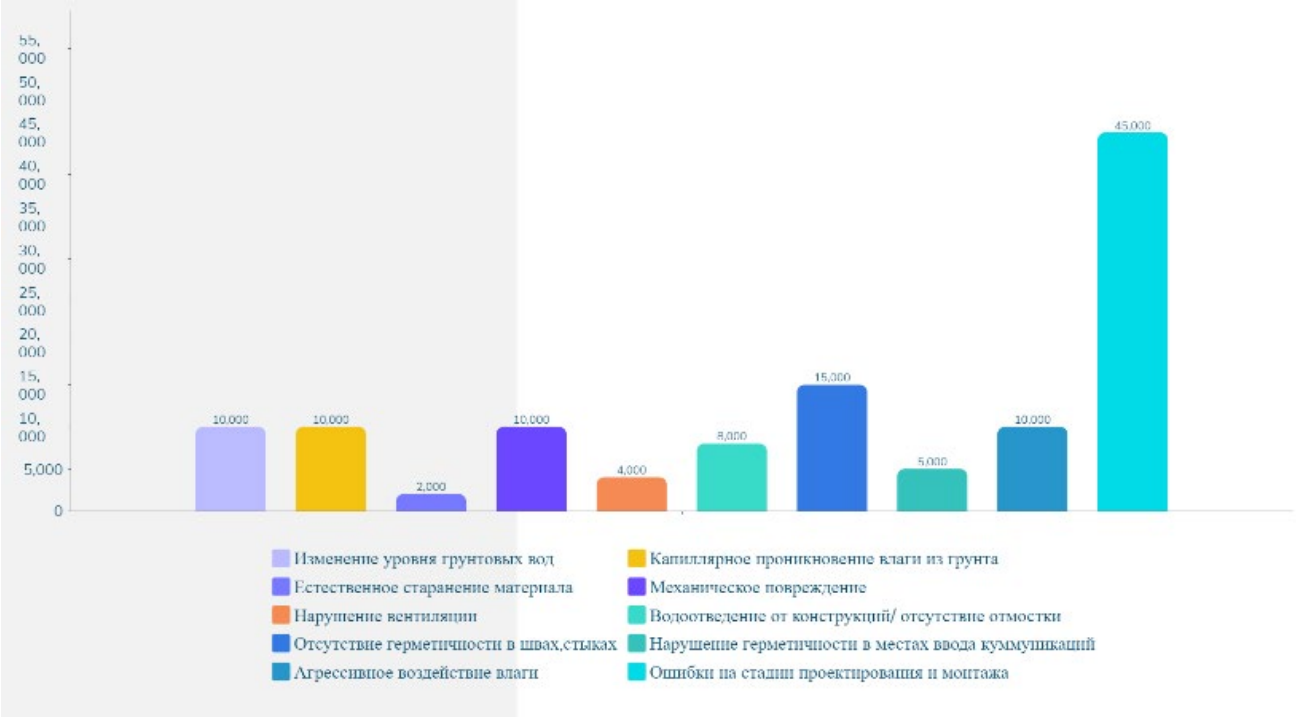

Рисунок 1 - График основных причин, влияющих на нарушение целостности гидроизоляции подземной части зданий

Признавая несомненную значимость нормативных и регламентирующих документов на производство работ по ремонту и восстановлению гидроизоляции подземной части эксплуатируемых зданий, в частности устройства инъекционной гидроизоляции, следует отметить необходимость дополнения их стандартами, которые будут соответствовать современным материалам и технологиям производства подземных гидроизоляционных работ с целью увеличения продолжительности срока службы гидроизоляционных систем и сокращения числа ремонтных работ.

Вторая глава. Исследование устройства инъекционной гидроизоляции на основе бентонитовых глин.

Посвящена исследованию параметров нагнетания гидроизоляционных составов на основе песчано-бентонитовых смесей и их влиянию на выполнение работ по устранению трещин несквозного характера и устройству вуальной инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий. В главе пред-

ставлены технологические особенности устройства вуальной инъекционной гидроизоляции, рассмотрены существующие методы ее устройства (рисунки 2 и 3) и способы нагнетания инъекционного состава. Приведены результаты экспериментальных исследований характеристик гидравлической проводимости и проницаемости образцов инъекционного состава с различным содержанием бентонитового глинопорошка.

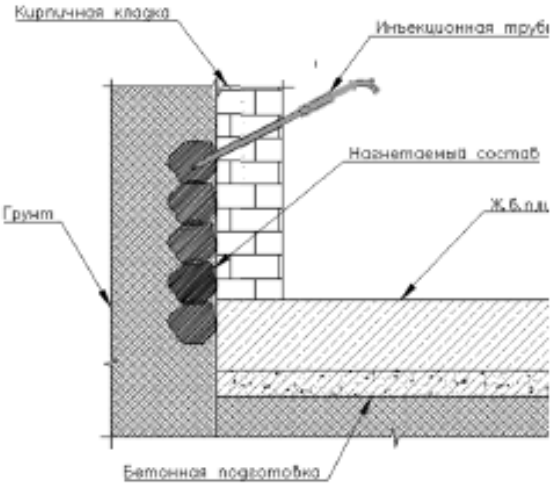

Рисунок 2 - Схема прямого инъектирования кирпичной кладки

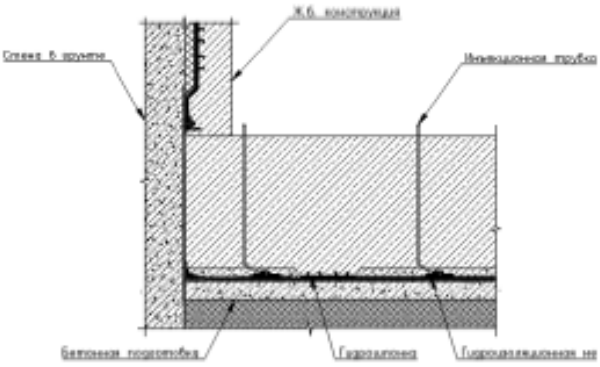

Рисунок 3 – Схема прямого инъектирования кирпичной кладки

Проведенные ранее лабораторные испытания позволили установить оптимальное процентное содержание бентонитового глинопорошка в гидроизоляционном составе, равное 45%, для устройства инъекционной гидроизоляции с гарантированным значением коэффициента фильтрации в диапазоне 10^{-6}-10^{-8} см/с.

На основе полученных экспериментальных данных проведен расчет оптимальных параметров нагнетания инъекционного состава при выполнении работ по устранению трещин несквозного характера и устройстве гидроизоляционной мембраны за обделочным пространством конструкции подземной части эксплуатируемого здания в стесненных условиях (таблица 1).

Из таблицы 1 видно, что предварительный нагрев гидроизоляционного состава до 40°С приводит к снижению вязкости смеси, что позволяет прово-

дить нагнетание состава в подземную часть эксплуатируемых зданий в стесненных условиях при более низких значениях давления нагнетания в среднем на 20%.

Таблица 1 - Параметры нагнетания гидроизоляционного состава в зависимости от ширины раскрытия трещин и температуры смеси

Параметр	Ед. изм.	Величина параметра							
		При температуре состава 20 °С				При температуре состава 40 °С			
Коэффициент динамической вязкости гидроизоляционного состава	кПас	0,25				0,2			
Производительность насоса	$м^3$/ч	0,4				0,4			
Глубина проникновения состава	мм	100				100			
Радиус инъекционного отверстия	мм	12				12			
Ширина раскрытия трещины	мм	4	6	8	10	4	6	8	10
Давление нагнетания гидроизоляционного состава	МПа	11,6	3,4	1,5	0,7	9,3	2,8	1,2	0,6

Так, повышение температуры смеси позволяет осуществлять более щадящий режим нагнетания инъекционного состава, что особенно важно при инъектировании в трещиноватые конструкции подземной части зданий, а также способствует сокращению продолжительности технологических перерывов при устройстве гидроизоляции подземной части эксплуатируемых зданий в стесненных условиях до 60% за счет более быстрого схватывания состава.

В третьей главе. Многокритериальная оценка эффективности технологий ремонта и восстановления гидроизоляции эксплуатируемых зданий

Реализован системный подход к решению проблемы обоснованного выбора технологии ремонта и восстановления гидроизоляции подземной части эксплуатируемых зданий в стесненных условиях. Выполнено ранжирование технологий ремонта и восстановления гидроизоляции подземной части

зданий в стесненных условиях экспертно-квалиметрическим методом с учетом сформированных критериев оценки (рисунок 9).

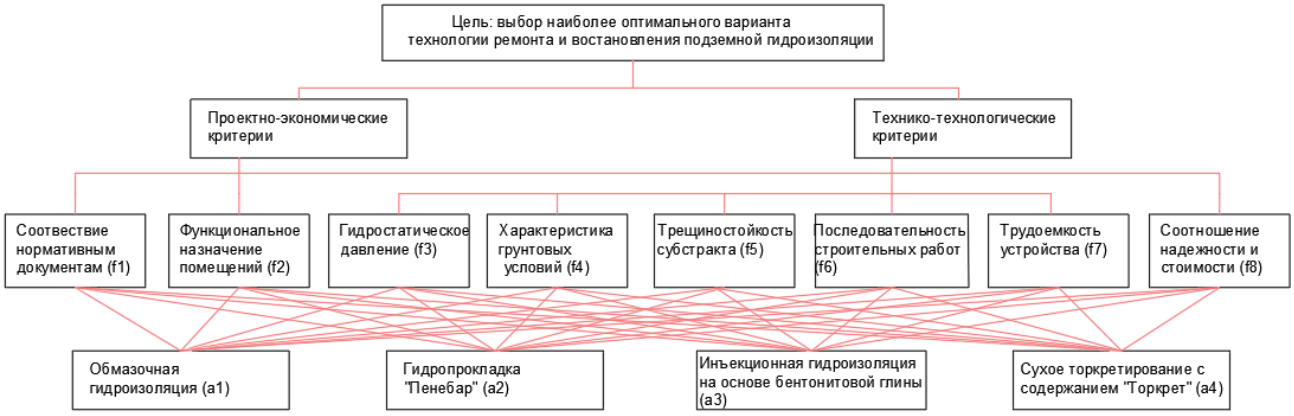

Рисунок 9 – Иерархическая структура выбора технологии устройства инъекционной гидроизоляции подземной части эксплуатируемого здания в стесненных условиях экспертно-квалиметрическим методом

В ходе экспертно-квалиметрического анализа сформирована система показателей качества, состоящая из 8 критериев и обеспечивающая единый подход к комплексной оценке эффективности технологий ремонта и восстановления гидроизоляции подземной части эксплуатируемого здания в стесненных условиях.

В процессе измерения значимости показателей качества установлено, что наиболее значимым критерием для рассмотренных вариантов технологий ремонта и восстановления подземных гидроизоляционных систем является критерий соотношения надежности и стоимости с глобальным весом 0,461 (таблица 3).

Таблица 3 – Итоговая оценка весов подкритериев

Веса / Критерии	Частное значение подкритериев	Общее значение веса критериев
Проектно – экономические критерии	0.667	0.667
Технико-технологические критерии	0.333	0.333
f_1	0.091	0.061
f_2	0.218	0.145
f_3	0.529	0.176
f_4	0.216	0.072
f_5	0.148	0.049
f_6	0.062	0.021
f_7	0.045	0.015
f_8	0.691	0.461

По результатам экспертно-квалиметрического анализа технологий ремонта и восстановления гидроизоляции подземной части эксплуатируемого здания в стесненных условиях, выполненного в соответствии с установленными критериями эффективности установлено, что инъекционная гидроизоляция из минеральных компонентов с ранговым значением 0,31 является наиболее эффективной технологией ремонта и восстановления гидроизоляции подземных конструкций эксплуатируемых зданий среди рассмотренных (таблица 4).

Таблица 4 – Итоговая оценка и ранжирование альтернатив

Критерии / Альтернативы	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	U (a_i)	Ранг
Веса w_i	0,061	0,145	0,176	0,072	0,049	0,021	0,015	0,461		
a_1	0,52	0,06	0,05	0,05	0,1	0,06	0,55	0,36	0,23	3
a_2	0,29	0,5	0,31	0,65	0,03	0,1	0,05	0,06	0,22	4
a_3	0,14	0,08	0,19	0,09	0,27	0,48	0,27	0,48	0,31	1
a_4	0,06	0,35	0,45	0,2	0,6	0,35	0,13	0,1	0,24	2

Оценка возможных ранговых изменений, выполненная для рассмотренных вариантов технологий ремонта и восстановления гидроизоляции подземной части эксплуатируемых зданий в стесненных условиях в ходе анализа чувствительности, относительно установленных критериев оценки подтвердил надежность и устойчивость проведенного ранжирования технологий (таблица 5).

Таблица 5 – Изменения критериальных весов для смены порядкового ранга альтернативы

Критерии / Альтернативы	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8
Веса w_i	0,14	0,08	0,19	0,09	0,27	0,48	0,27	0,48
Изменение веса w_i	-0,88	0,26	0,27	0,64	0,21	-0,54	-0,5	-0,18
Обновленный вес w_i	-0,74	0,34	0,46	0,73	0,48	-0,06	-0,23	0,3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенствование технологии устройства подземной инъекционной гидроизоляции в стесненных условиях с учетом сохранения общих принципов технологии происходит по причине внедрения разнообразных технологических решений и материалов. Повышение технологичности устройства подземной инъекционной гидроизоляции влечёт к снижению частых и ранних «отказов» системы и обеспечивает требуемое качество и долговечность как подземных конструкций - фундаментов, так и самой ограждающей конструкции - гидроизоляции.

С учетом роста ремонтных работ, в частности гидроизоляционных, за последние годы создаются новые и совершенствуются как традиционные гидроизоляционные системы, так и технологии их применения.

Одним из направлений совершенствования технологии устройства гидроизоляции в стесненных условиях является создание вуальной (бесшовной) гидроизоляционной мембраны – нагнетание раствора из минеральных компонентов «за обделку» тела конструкции, а также сокращение трудоемкости технологических операций за счет особенностей изменения традиционной технологии путем предварительного подогрева инъекционного состава.

По результатам проведенных исследований автором получены следующие выводы:

1. Анализ нормативно-технической документации и результатов отечественных и зарубежных исследований в области совершенствования ограждающих конструкций подземных частей зданий выявил необходимость разработки рациональных технологических решений ремонта и восстановления подземной гидроизоляции с применением инновационных материалов.

2. Предложенное технологическое решение по предварительному нагреву инъекционного состава на минеральной основе приводит к сокращению количества рабочих процессов на строительной площадке за счет более быстрого схватывания состава и уменьшения продолжительности технологи-

ческих перерывов. В результате предварительного нагрева рабочее давление нагнетания инъекционного состава снижается в среднем на 20%, что приводит к уменьшению силового воздействия на изолируемую конструкцию.

3. Экспертно-квалиметрический анализ технологий ремонта и восстановления подземной гидроизоляции, выполненный в соответствии с установленными критериями оценки, выявил, что инъекционная гидроизоляция из минеральных компонентов с ранговым значением 0,31 является наиболее эффективной технологией ремонта и восстановления гидроизоляции подземных конструкций эксплуатируемых зданий среди рассмотренных.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы исследования: исследования параметров технологических процессов при устройстве инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий в различных условиях (с учетом классов грунтов, их агрессивности, уровня и напора), адаптация усовершенствованной технологии устройства инъекционной гидроизоляции подземных частей зданий с применением новых и усовершенствованных строительных материалов, конструктивных решений для формирования нормативно-технологической базы.

Публикации по теме диссертации

Публикации в изданиях

- Дацко Е.Д. Сысоев Е.О. Использование инъекционной гидроизоляции. / Е.Д. Дацко Е.О. Сысоев // Материалы Всероссийской научно-практической
конференции молодых ученых «Наука, инновация и технологии: от идей к внедрению», Комсомольск-на-Амуре 16-17 ноября 2023 г.

- Дацко Е.Д. Сысоев О.Е. Оценка влияния содержания бентонитовой глины на технические характеристики гидроизоляционного состава. / Е.Д. Дацко О.Е. Сысоев // Материалы VII Всероссийской научно-практической
конференции молодых ученых «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», Комсомольск-на-Амуре 08-

12 апреля 2024 г.

- Дацко Е.Д. Сысоев О.Е. Экспертно-квалиметрический подход к комплексной оценке гидроизоляционных систем . / Е.Д. Дацко О.Е. Сысоев // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции «Региональные аспекты развития науки и образования а области архитектуры, строительства, землеустройства, кадастров и техносферной безопасности в начале III тысячелетия», Комсомольск-на-Амуре 16-18 декабря 2024 г.