

Особенности архитектурной реновации промышленных зданий на прибрежных территориях

Н.С. Здор

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Укрепление прибрежных промышленных зданий во время реконструкции имеет решающее значение в области устойчивого развития. В этой статье рассматриваются ключевые архитектурные методы усовершенствования здания при реновации, включая укрепление фундамента, улучшение фасада, установку ударопрочных окон и дверей, структурную модернизацию и применение экологичного дизайна. Реновация прибрежных промышленных зданий решает существующие проблемы, смягчает прибрежные климатические опасности, а также повышает безопасность и устойчивость городов.

Ключевые слова: реновация промышленного здания, устойчивая архитектура, реконструкция, прибрежная территория, модернизация фасада, энергосбережение, энергоэффективность, модернизация фундамента, усовершенствование структуры здания, экологичность, зеленая кровля, экологичный дизайн.

Введение

Прибрежные районы, имеющие характерные видовые точки и экономическое значение, сталкиваются с различными экологическими проблемами. Близость к прибрежным водам сопряжена с риском экстремальных погодных явлений, повышения уровня моря и рек, а также коррозионного воздействия воды. В таких условиях реновация промышленных зданий сопряжена с определенным набором задач, которые выходят за рамки эстетики и функциональности. В этой научной статье исследуются архитектурные средства, используемые при реконструкции промышленных сооружений, расположенных в прибрежных регионах, с акцентом на комплексные стратегии, направленные на повышение жизнестойкости, энергоэффективности и экологической ответственности этих зданий.

Реновация промышленных зданий в прибрежных районах требует многогранного подхода, который объединяет как структурные, так и экологические соображения. Центральное место в этом начинании занимает

усовершенствование фасада здания, фундамента, структурной целостности и выбор специализированных материалов, способных противостоять суровым прибрежным условиям. Кроме того, такие меры, как ударопрочные окна и двери, играют ключевую роль в защите внутренних помещений здания и его обитателей во время неблагоприятных погодных условий.

Основная часть

1. Укрепление фундамента

Модернизация фундамента является ключевым аспектом реконструкции прибрежных зданий для повышения их устойчивости. Для того, чтобы лучше противостоять береговым опасностям, необходимо улучшить внешнюю и внутреннюю части фундамента здания. Существует несколько важных аспектов по модернизации фундамента:

- Перепад высот – если здание находится в зоне, подверженной наводнениям, то необходимо рассмотреть возможность подъема фундамента на уровень выше базовой отметки затопления. Это помогает снизить риск ущерба от наводнений во время штормовых нагонов и высоких приливов.

- Усиленный фундамент – укрепление фундамента здания, оснащение дополнительными опорными системами, такими, как сваи, глубокие фундаменты или наклонные балки, для лучшего противостояния эрозии, проникновению воды и воздействию волн.

- Надлежащий дренаж – модернизация существующей дренажной системы, для предотвращения скапливания воды вокруг здания. Эффективный дренаж помогает защитить фундамент от эрозии и повреждений, связанных с водой.

- Внедрение откидных стен и водоотводных отверстий при реконструкции фундамента – эти особенности позволят паводковым водам проходить через здание, снижая риск повреждения конструкций во время наводнений.

- Коррозионностойкие материалы – использование материалов, устойчивых к коррозии и износу из-за воздействия соленой воды и влаги. Чаще всего выбирают нержавеющую и оцинкованную сталь.

Модернизация фундамента прибрежных зданий имеет решающее значение для обеспечения их долгосрочной устойчивости и долговечности [1]. Эти меры не только защищают сооружение от прибрежных опасностей, но и могут со временем повысить энергоэффективность и снизить затраты на техническое обслуживание.

2. Усовершенствование фасада

Облицовка является важным компонентом ограждающей конструкции здания, служащими как функциональным, так и эстетическим целям. В прибрежных районах и регионах, подверженных экстремальным погодным условиям, выбор материалов имеет решающее значение для защиты здания и повышения его устойчивости. Важные аспекты:

2.1 Выбор материала. В прибрежных районах предпочтение отдается прочным и устойчивым к атмосферным воздействиям материалам. Необходимо выбирать фасадные материалы, которые не только эстетичны, но и долговечны и устойчивы к агрессивному воздействию соленой воды и влаги [2]. Некоторые распространенные материалы для сайдинга включают:

- Фиброцемент – известен своей долговечностью, устойчивостью к влаге и способностью противостоять сильным ветрам. Он часто используется в прибрежном строительстве.

- Винил – некоторые изделия из винилового сайдинга разработаны таким образом, чтобы быть ударопрочными и выдерживать сильные ветры. Они также неприхотливы в обслуживании.

- Дерево – популярен благодаря своему естественному внешнему виду, но требует надлежащего ухода, чтобы предотвратить гниение и повреждение

влажностью. В прибрежных районах может помочь использование древесины, устойчивой к гниению, или нанесение защитных покрытий на неё.

- Металл – алюминий или сталь, могут обеспечить отличную защиту от ветра, влаги и ударов. Его часто используют из-за его современного и элегантного внешнего вида. Для металлической облицовки важно выбирать коррозионностойкие покрытия и крепежные детали.

- Панели из армированного волокном полимера (FRP) – панели из стеклопластика легкие и прочные, что делает их пригодными для облицовки в прибрежных условиях. Они устойчивы к коррозии и атмосферным воздействиям.

- Бетонные панели – сборные железобетонные панели могут обеспечить надежную защиту от непогоды. Их можно использовать благодаря их долговечности и эстетической универсальности.

- Кирпич или каменная кладка – облицовка из кирпича и каменной кладки долговечна и огнестойка. Правильная герметизация и техническое обслуживание могут увеличить срок его службы.



Рис. 1 – Металлический завод, Шенжень, Китай [3]

В Китае в городе Шенжень на берегу реки Уси, провели реновации бывшего металлургического завода (рис.1), проект под названием «Canal Hub

1958» [3]. В проекте использованы различные металлические вентилируемые панели, облицовка кирпичом и ударопрочные окна и двери, сохраняя при этом первоначальные пространственные характеристики и историческую ценность двух корпусов (рис.2).



Рис. 2 – Использование металлических панелей и кирпича на фасаде здания металлического завода после реновации, Шенжень, Китай [3]

2.2 Покрытия и герметики – нанесение водостойких и защитных покрытий на наружные поверхности предотвращает проникновение влаги. Это особенно важно в прибрежных районах, где соленые брызги могут ускорить разрушение.

2.3 Вентиляция – важна для предотвращения скопления влаги и роста плесени. Вентиляционные системы должны обеспечивать отвод задержанной влаги.

2.4 Аэродинамический дизайн – использование динамичных объемных элементов на фасаде, повышающих сопротивляемость ветру. Закругленные или наклонные профили могут помочь снизить ветровую нагрузку и повысить способность здания противостоять сильным ветрам.

Правильный выбор и установка сайдинга и облицовочных материалов имеет важное значение для обеспечения долговечности и упругости прибрежных зданий [2]. Регулярное техническое обслуживание и проверки также являются ключом к устранению любого износа, который может возникнуть со временем из-за воздействия прибрежных условий.

3. Ударопрочные окна и двери

Они спроектированы таким образом, чтобы выдерживать воздействие сильных ветров и летящего мусора во время экстремальных погодных явлений и являются важнейшим компонентом укрепления зданий в прибрежных районах. Рассмотрим более подробно:

3.1 Ударопрочные окна:

- Конструкция – ударопрочные окна обычно изготавливаются с использованием нескольких слоев стекла или комбинации стеклянных и пластиковых прослоек. Эти слои соединяются вместе, образуя прочный, эластичный барьер.
- Многослойное стекло – многие ударопрочные окна оснащены многослойным стеклом, которое сконструировано таким образом, чтобы оставаться неповрежденным даже при ударе. Промежуточный слой удерживает стекло вместе, предотвращая разбиение и сохраняя целостность окна.
- Прочность рамы – оконная рама спроектирована таким образом, чтобы быть прочной и долговечной. Усиленные рамы, изготовленные из таких материалов, как алюминий, сталь или стекловолокно, обеспечивают дополнительную поддержку стеклу и помогают сохранить структурную целостность окна.
- Герметизация и защита от атмосферных воздействий – ударопрочные окна оснащены воздухонепроницаемыми уплотнениями и уплотнительными прокладками для предотвращения проникновения воды, что имеет решающее

значение в прибрежных районах, подверженных сильным дождям и штормовым нагонам.

- Тестирование и сертификация – ударопрочные окна проходят тщательные испытания для имитации воздействия стихии, связанного с прибрежными условиями. Они сертифицированы на соответствие специальным стандартам ударопрочности.

- Энергоэффективность – многие ударопрочные окна также являются энергоэффективными, обеспечивая изоляцию для поддержания комфорта в здании и снижения затрат на электроэнергию.

3.2 Ударопрочные двери:

- Материалы – обычно изготавливаются из армированных материалов, таких как стекловолокно, сталь или алюминий. Эти материалы выбраны из-за их прочности и долговечности.

- Фурнитура – оснащение прочной фурнитурой, петлями и запирающими механизмами, обеспечивающими их сохранность при сильном ветре.

- Конструктивное усиление – двери имеют дополнительное конструктивное усиление, такое, как металлические или композитные рамы, для повышения их способности выдерживать удары и давление ветра.

- Панели из многослойного стекла – если дверь включает в себя стеклянные панели, они часто изготавливаются из многослойного стекла, аналогичного ударопрочным окнам. Эти стеклянные панели устойчивы к разбиванию при ударе.

- Защита от атмосферных воздействий – как и окна, ударопрочные двери оснащены функциями защиты от атмосферных воздействий для защиты от дождя, ветра и летящего мусора.

4. Структурная модернизация

Укрепление структурной целостности промышленного здания при реновации, особенно в прибрежных районах, подверженных суровым погодным условиям, имеет важное значение для обеспечения его устойчивости и безопасности, включающее в себя усиление конструктивных элементов здания, чтобы оно выдерживало нагрузки, создаваемые сильными ветрами, штормовыми нагонами и потенциальными ударами обломков.

Методы усиления конструкций:

- Усиленный каркас – каркас здания, который включает в себя балки, колонны и фермы, может быть усилен более прочными материалами или дополнительными креплениями для повышения его несущей способности и устойчивости к воздействию ветра.
 - Укрепление фундамента – возможно, потребуется модернизировать фундамент здания, чтобы он выдерживал силу штормовых нагонов и проникновение воды. Это может включать в себя добавление свай, глубоких фундаментов или наклонных балок для обеспечения дополнительной поддержки.
 - Стропы и соединители – установка стропил и соединителей помогает более эффективно крепить конструктивные элементы здания, такие как фермы крыши, к стенам, что предотвращает подъем крыши при сильном ветре.
 - Укрепленные стены – стены, особенно те, которые обращены к сильным ветрам, могут быть укреплены, чтобы противостоять давлению ветра. Для этого используют добавление диагональных креплений, срезных стенок или других конструктивных усилений для предотвращения обрушения стены.
-

- Ударопрочные окна и двери – как упоминалось ранее, использование ударопрочных окон и дверей укрепляет ограждающие конструкции здания и может предотвратить последствия, нарушающие структурную целостность.

- Усиление крыши – укрепление крыши, как обсуждалось в предыдущем пункте, является важным аспектом усиления конструкции, поскольку оно предотвращает срыв крыши во время сильных штормов.

В качестве примера можно рассмотреть реконструкцию станции автоматического мониторинга качества воды на берегу реки Хуанпу Янпу, Китай [4]. Основная стратегия реконструкции заключается в «максимальной сохранности и минимальном вмешательстве». Надземная и подземная части здания максимально сохранены, включая текстуру главного вокзала и подземного пространства с использованием бетона в качестве основного материала. Вокруг станции добавлен коридор из бамбуковой стальной конструкции. Дизайн адаптируется к структурным ограничениям и творчески вмешивается в преобразование пространства.

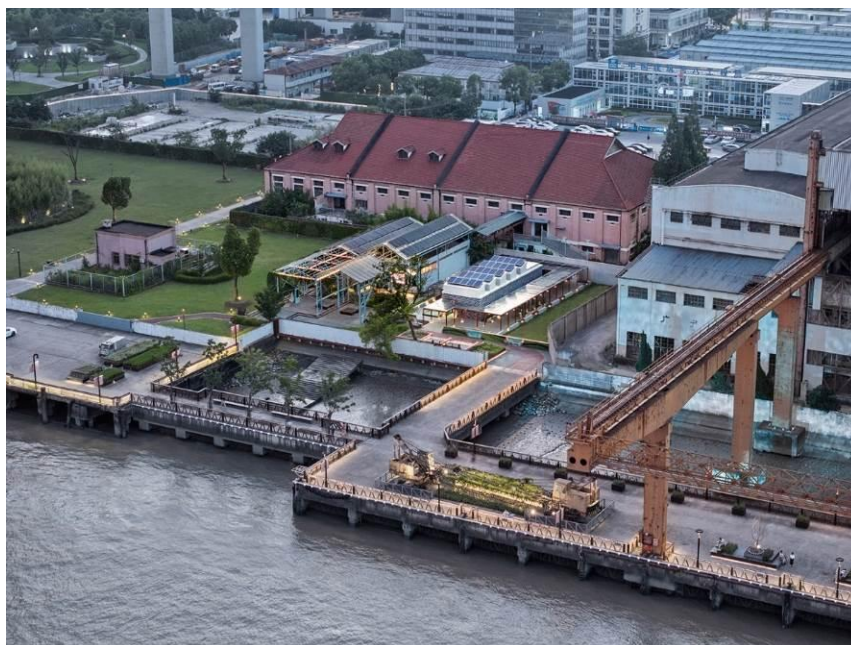


Рис. 3 – Реконструкция станции автоматического мониторинга качества воды на берегу реки Хуанпу Янпу, Китай [4]

В конструкции использована инновационная оптическая микросеть для хранения водорода, которая состоит из подсистемы выработки фотоэлектрической энергии, подсистемы хранения литиевой энергии, подсистемы хранения энергии электролиза водорода и системы управления энергопотреблением. В сочетании с частичной гидроизоляцией и обновлением стены подземного пространства здания, капиллярный туннель заглублен вместе со структурой, а капиллярная система кондиционирования воздуха используется для создания комфортной температуры и влажности в помещении. Дизайн сочетает архитектурную функцию и характеристики окружающей среды и создает открытую для публики выставочную площадку на тему «вода».

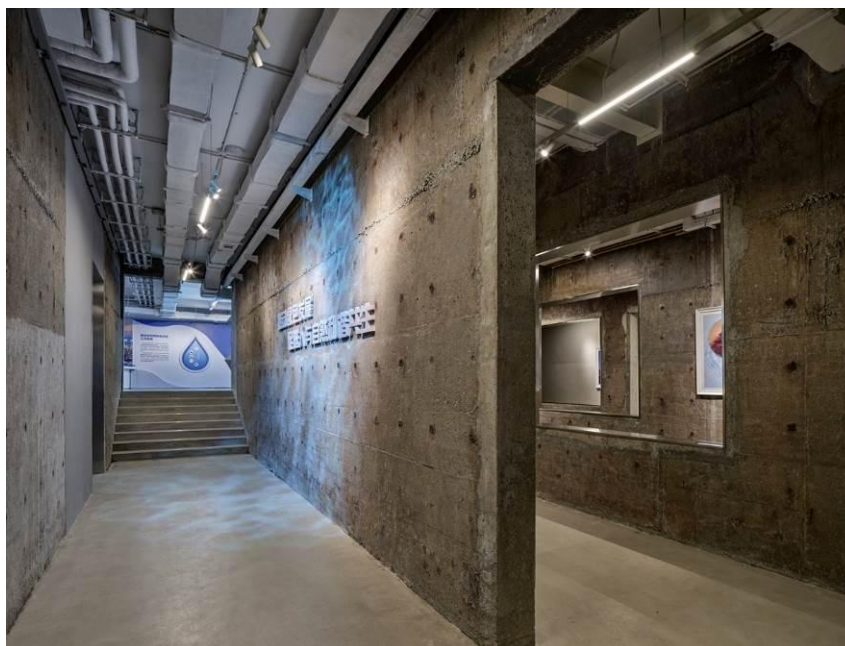


Рис. 4 – Выставочное пространство в подвальном помещении после реконструкции станции автоматического мониторинга качества воды на берегу реки Хуанпу Янпу, Китай [4]

5. Устойчивость

Интеграция принципов устойчивого проектирования при реконструкции промышленных зданий в прибрежных районах — это

многогранный и сложный процесс, направленный на достижение экологической ответственности, энергоэффективности и жизнестойкости при сохранении или перепрофилировании существующих сооружений. Основные аспекты:

5.1 Энергоэффективность:

- Изоляция и защита от атмосферных воздействий – улучшение изоляции стен, крыш и полов, для снижения потребления энергии на отопление и охлаждение. Модернизация окон и дверей с помощью энергоэффективных опций [5].

- Дневное освещение – максимальное использование естественного дневного света, чтобы уменьшить потребность в искусственном освещении. Применение мансардных окон, витрин или световых фонарей для эффективного распределения дневного света [6].

- Энергоэффективные системы – модернизация систем с помощью высокоэффективных агрегатов и оптимизация температуры и вентиляции [5].

- Возобновляемая энергетика – установка возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели или ветряные турбины, для выработки экологически чистой энергии на участке.

- Системы управления зданиями – внедрение интеллектуальных систем управления зданиями для мониторинга и контроля использования энергии, повышения эффективности и сокращения отходов [5].

5.2 Эффективность использования воды

- Экономичное оборудование – установка водосберегающих сантехнических приборов и приспособлений для снижения потребления воды в санузлах, кухнях и других бытовых помещениях [7].

- Сбор дождевой воды – сбор и хранение дождевой воды для не питьевых целей, таких как ландшафтное орошение.

- Переработка серой воды – внедрение системы рециркуляции серой воды для очистки и повторного использования сточных вод для таких применений, как охлаждение или промывка.

5.3 Материалы и ресурсы:

- Экологически чистые материалы – переработанные строительные материалы местного производства, материалы с низким энергопотреблением и возможность вторичной переработки или повторного использования существующих материалов.

- Деконструкция – возможность деконструкции для утилизации и повторного использования материалов, сокращения отходов и экономии ресурсов.

- Управление отходами – внедрение методов управления отходами, которые позволяют вывозить отходы строительства и сноса путем переработки или повторного использования материалов.

5.4 Качество среды в помещении:

- Качество воздуха в помещении – улучшение качества воздуха в помещении с помощью надлежащей вентиляции, материалов с низким содержанием ЛОС и систем фильтрации воздуха [7].

- Тепловой комфорт – оптимизация систем отопления и охлаждения, для обеспечения теплового комфорта [7].

1.5 Контекст местоположения – устойчивое развитие территории. Сохранение зеленых насаждений, продвижение местного ландшафтного дизайна и уменьшение непроницаемых поверхностей для эффективного управления ливневыми стоками [8].

В качестве примера можно рассмотреть реновацию табачного склада возле Ферри-Нингуо-роуд в Шанхае, Китай [9]. В контексте оживления промышленных зданий и ограничения застройки, после неоднократных консультаций с департаментами городского планирования и муниципального

строительства было решено сохранить здание для реконструкции и превратить его в прибрежный комплекс, включающий муниципальную инфраструктуру, общественные зеленые насаждения и вспомогательные службы общего пользования.



Рис. 5 – Реновация табачного склада возле Ферри-Нингуо-Роуд в Шанхае, Китай [9]

В текущей ситуации проектом планируется расширить зеленую зону на северной стороне табачного склада со стороны города, чтобы сформировать пологий склон, выйти в город, засыпать склон почвой для посадки растений, построить парк, организовать парковку и другие основные объекты обслуживания ниже по склону.

Верхняя половина всего здания также покрыта зеленью и соединена консольной лестницей и откосами, а также берегом реки, что делает все здание похожим на огромный зеленый мост.

Преобразованный табачный склад превратился в «зеленый холм». Благодаря вертикальному разделению дорог и объектов общественного обслуживания и организации трехмерного озеленения был создан барьер между городом и берегом реки, что позволило обеспечить устойчивое использование существующих зданий.



Рис. 6. – Зеленая кровля на крыше бывшего табачного склада возле Ферри-Нингуо-Роуд в Шанхае, Китай [9]

Интеграция принципов устойчивого проектирования при реконструкции промышленных зданий в прибрежных районах требует комплексного подхода, который предполагает сотрудничество между архитекторами, инженерами, строителями и экспертами по охране окружающей среды [10]. Крайне важно провести тщательную оценку здания, площадки и местных условий окружающей среды, чтобы создать индивидуальный план устойчивого развития. Соответствие соответствующим сертификатам, таким, как LEED, для проектирования и строительства зданий, может стать ценным активом в продвижении и проверке устойчивости обновленной промышленной структуры [11,12].

Заключение

В прибрежных районах, где наиболее очевидна тонкая взаимосвязь между развитием человека и природной средой, реновация промышленных зданий играет первостепенную роль в решении двойных проблем, связанных с изменением климата и устойчивостью к нему. Это научное исследование

раскрыло многогранные архитектурные средства, используемые при реконструкции промышленных сооружений в этих районах, руководствуясь приверженностью к устойчивому развитию, энергоэффективности и экологической ответственности.

Модернизация фасада и фундамента здания является важным шагом в укреплении конструкций от воздействия прибрежных стихий. Инновационные решения, от облицовки с использованием коррозионностойких материалов до усовершенствования фундаментов в зонах, подверженных наводнениям, использование специализированных материалов и ударопрочных элементов усиливает структурную целостность этих зданий, позволяя им противостоять береговым силам. Ударопрочные окна, надежный сайдинг и кровельные материалы, предназначенные для защиты от ударов и коррозии от воды, являются свидетельством адаптивности и дальновидности архитектурных решений.

На протяжении всего этого научного исследования краеугольный камень устойчивого развития остается очевидным - от энергоэффективных практик и интеграции возобновляемых источников энергии до сохранения водных ресурсов и обращения с отходами. Эти принципы устойчивого проектирования, вплетенные в ткань реконструкции прибрежных районов, представляют собой целостный подход к снижению воздействия на окружающую среду, снижению эксплуатационных расходов и защите зданий от постоянно меняющихся вызовов прибрежной среды.

Научное изучение этих архитектурных средств не ограничивается сферой теоретического дискурса; оно распространяется на сферу практичности, где реальные примеры промышленной реконструкции в прибрежных регионах служат маяками инноваций и жизнестойкости. Исследование подчеркивает универсальность и эффективность методов,

когда здания были преобразованы из простых сооружений в символы приспособляемости побережья.

В заключение следует отметить, что реновация промышленных зданий в прибрежных районах является свидетельством человеческой изобретательности и стремления к гармоничному сосуществованию с могущественными силами природы. Благодаря комплексным архитектурным решениям, продуманному выбору материалов и соблюдению принципов устойчивого проектирования, эти сооружения стоят как часовые, непоколебимые перед лицом экологических проблем. Архитектурная трансформация промышленных зданий в прибрежных регионах воплощает в себе непреходящий дух инноваций и жизнестойкости, проливая обнадеживающий свет на путь к устойчивому будущему как для прибрежных сообществ, так и для промышленной инфраструктуры.

Заключение

1. Чайко Д.С. Современные инновационные подходы к сохранению и интеграции производственных объектов в дипломном проектировании МАрхИ // Academia. 2013. №1. С. 10-17.

2. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн: учебное пособие. Бийск. 2011. 103 с.

3. Renovation, commercial architecture, Wu Xi Shi, China «Canal Hub 1958 / Shenzhen Huahui Design». URL: archdaily.com/1008049/canal-hub-1958-shenzhen-huahui-design?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.

4. Industrial architecture, sustainability, Yang Pu Qu, China «Renovation of Huangpu River Yangpu Bridge Water Quality Automatic Monitoring Station / TJAD Atelier L+». URL: archdaily.com/1006261/renovation-of-huangpu-river-yangpu-bridge-water-quality-automatic-monitoring-station-tjad-atelier-l-plus-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.



5. Семенова Э.Е., Думанова В.С. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ». 2020. № 2 (32). С. 72-75.

6. Семенова Э.Е., Логвинова Е.О. Исследование применения энергосберегающих светопрозрачных конструкций зданий // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2018. №9. С. 47-50.

7. Матигорова А.В. Энергосберегающие технологии систем вентиляции и кондиционирования воздуха // Вестник магистратуры. 2020. № 1-4 (100). С. 16-17.

8. Горгорова Ю.В. Архитектурно-ландшафтное формирование зданий с эксплуатируемой озелененной кровлей // Инженерный вестник Дона. 2019. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6134.

9. Landscape architecture, public architecture, renovation, Shanghai, China «Green Hill / TJAD Original Design Studio». URL: archdaily.com/934511/not-ready-green-hill-tjad-original-design-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.

10. Антюфеев А.В. Градостроительная реновация депрессивных производственных территорий в крупных индустриальных городах (на примере Волгограда) // Биосферная совместимость: материалы общего собрания РААСН в Курске. 2015. №9. С.100-105.

11. Бессарабова Я.И., Евтушенко-Мулукаева Н.М. Архитектурная адаптация промышленного предприятия к новой функции // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ». 2019. №2 (28). С.28-33

12. Зильберова И.Ю., Маилян В.Д., Петров К.С., Беланова М.А. Реновация как разновидность модернизации городских территорий // Инженерный вестник Дона. 2019. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6185.

References

1. Chajko D.S. Academia MArhI. 2013. №1. pp. 10-17.
2. Pankina M.V., Zaharova S.V. Jekologicheskij dizajn: uchebnoe posobie. Bijsk [Environmental design: a textbook]. 2011. 103 p.
3. Renovation, commercial architecture, Wu Xi Shi, China «Canal Hub 1958. Shenzhen Huahui Design». URL: archdaily.com/1008049/canal-hub-1958-shenzhen-huahui-design?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.
4. Industrial architecture, sustainability, Yang Pu Qu, China «Renovation of Huangpu River Yangpu Bridge Water Quality Automatic Monitoring Station. TJAD Atelier L+». URL: archdaily.com/1006261/renovation-of-huangpu-river-yangpu-bridge-water-quality-automatic-monitoring-station-tjad-atelier-l-plus-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.
5. Semenova Je.E., Dumanova V.S. Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija: nauchno-tehnicheskij zhurnal. Astrahanskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. Astrahan': GAOU AO VO «AGASU». 2020. № 2 (32). pp. 72-75.
6. Semenova Je.E., Logvinova E.O. Stroitel'stvo: novye tehnologii, novoe oborudovanie. 2018. №9. pp. 47-50.
7. Matigorova A.V. Vestnik magistratury. 2020. № 1-4 (100). pp. 16-17.
8. Gorgorova Ju.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6134.
9. Landscape architecture, public architecture, renovation, Shanghai, China «Green Hill. TJAD Original Design Studio». URL: archdaily.com/934511/not-



ready-green-hill-tjad-original-design-
studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab.

10. Antjufeev A.V. Biosfernaja sovместimost': materialy obshhego sobranija RAASN v Kurske. 2015. №9. pp.100-105.

11. Bessarabova Ja.I., Evtushenko-Mulukaeva N.M. Inzhenerno-stroitel'nyj vestnik Prikaspija: nauchno-tehnicheskij zhurnal. Astrahanskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. Astrahan': GAOU AO VO «AGASU». 2019. №2 (28). pp.28-33

12. Zil'berova I.Ju., Mailjan V.D., Petrov K.S., Belanova M.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6185.