



Строительные материалы и изделия Construction Materials and Products

ISSN
2618-7183

journal homepage: <https://bstu-journals.ru>

DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-4-42-57



Особенности создания информационной модели функционального перепрофилирования морских нефтяных платформ

Абрамян С.Г.^{1,2} , Ключев С.В.*³ , Поляков В.Г.¹ , Сабитова Т.А.¹ ,
Акопян Г.О.^{1,4} , Гусейнов К.М.^{1,5} 

¹ Волгоградский государственный технический университет, Россия,

² ООО «МИП ГрантМИПУС», Россия,

³ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,

⁴ Архитектурное бюро «АРХИКРЕДО», Россия,

⁵ ООО «ГСП-Нефтегазпереработка», Россия

**Ответственный автор E-mail: Klyuyev@yandex.ru*

Аннотация: в статье отмечается, что по завершении жизненного цикла утилизация морских нефтяных платформ (МНП) нецелесообразна и неоправдана с экологической точки зрения, поскольку в результате данного процесса гидросфера подвергается серьезному отрицательному воздействию, чем и обосновывается актуальность перепрофилирования МНП под объекты другого функционального назначения. Рассматривается мировой опыт перепрофилирования МНП под гражданские и промышленные здания. Обращается внимание на то, что перепрофилирование объектов приводит к сокращению сроков строительства, что возможно за счет оптимизации временных параметров демонтажных работ, ненужных при дальнейшей эксплуатации конструктивных частей МНП. Подчеркивается, что рефункционализация МНП, и в том числе создание на их базе так называемых плавучих городов, способна устранить комплекс экологических, социально-экономических и градостроительных проблем, что, однако, требует строгого профессионального подхода и внимательного изучения стадий жизненного цикла МНП до их функционального перепрофилирования и после, что, в свою очередь, может лечь в основу разработки информационной модели изменения функционального назначения МНП. Целью исследования является выявление особенностей разработки информационной модели перепрофилирования МНП под другие объекты, в связи с чем изучены основные типы МНП (глубина и конструктивные решения подводной части, основные достоинства и недостатки), необходимые для создания отдельных информационных блоков, которые должны войти в общую информационную модель перепрофилирования МНП. Также представлена схема информационных сред, где приводится алгоритм работ по созданию информационной модели перепрофилирования МНП с указанием стадий отдельных фаз жизненного цикла.

Сделан вывод о том, что изменение функционального назначения МНП должно выполняться в целях обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды, в связи с чем формирование показателей экологической безопасности и энергоэффективности организацион-

но-технологических решений изменения функционального назначения МНП необходимо выполнить на стадии предпроектирования.

Ключевые слова: перепрофилирование, морские нефтяные платформы, подводная и надводная части, информационная среда, экологическая безопасность

Для цитирования: Абрамян С.Г., Ключев С.В., Поляков В.Г., Сабитова Т.А., Акопян Г.О., Гусейнов К.М. Особенности создания информационной модели функционального перепрофилирования морских нефтяных платформ // Строительные материалы и изделия. 2023. Том 6. № 4. С. 42 – 57. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-4-42-57

Specifics of information model development for functional conversion of offshore oil platforms

Abramyan S.G.^{1,2} , Klyuev S.V.*³ , Polyakov V.G.¹ ,
Sabitova T.A.¹ , Akopyan G.O.^{1,4} , Guseynov K.M.^{1,5} 

¹ Volgograd State Technical University, Russia,

² LLC «MIP GrantMIPUS», Russia,

³ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,

⁴ Architectural bureau «ARCHIKREDO», Russia,

⁵ LLC «GSP-Neftegazpererabotka», Russia

*Corresponding author E-mail: Klyuyev@yandex.ru

Abstract: the paper holds that the disposal of offshore oil platforms (OOP) after the expiration of their lifecycle is inexpedient and unjustified from the environmental standpoint, since this process results in a dramatic adverse impact imposed on the hydrosphere, which explains the relevance of OOP conversion into objects with other functional purposes. The focus is on the global experience of converting offshore oil platforms into residential and industrial buildings. Special attention is paid to the fact that the conversion of an object leads to a reduced construction timeline, which is possible due to optimizing the timeframe of dismantling works that become unnecessary during the subsequent operation of the OOP structural parts. The point is emphasized that OOP repurposing, and in particular creating so-called floating cities on their basis, is capable of meeting a handful of environmental, socioeconomic and town-planning challenges, which however calls for a rigorous professional approach and a thorough study of the OOP lifecycle stages both before and after their functional conversion. This, in turn, may lay the ground for the development of an information model of OOP functional repurposing. The research is aimed to explore the specifics of developing an information model of OOP conversion into other type facilities, and as such identifies the key OOP types (submersion depth and underwater design solutions, principal advantages and disadvantages) required to build individual information blocks to form part of the overarching information model of OOP conversion. Also, a scheme of information environments is provided showing the algorithm of creating an information model of OOP conversion and singling out the stages of various lifecycle phases.

The conclusion is made that the functional repurposing of offshore oil platforms is required to assure safety of the natural environment, suggesting that the assessment of the environmental performance and energy efficiency of the organizational and technological solutions of OOP functional conversion must be made part of the front-end design engineering milestone.

Keywords: conversion, offshore oil platforms, underwater and above-water parts, information environment, environmental safety

Please cite this article as: Abramyan S.G., Klyuev S.V., Polyakov V.G., Sabitova T.A., Akopyan G.O., Guseynov K.M. Specifics of information model development for functional conversion of off-shore oil platforms. Construction Materials and Products. 2023. 6 (4.) P. 42 – 57. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-4-42-57

ВВЕДЕНИЕ

Проблема продления жизненного цикла (ЖЦ) промышленных строительных систем в последнее время решается в контексте изменения их функционального назначения (перепрофилирования) при реконструкции [1], что приводит к изменению ранее принятых архитектурных и часто конструктивных решений, требует разработки новых организационно-технологических решений для выполнения работ [2].

Кроме того, в мировой практике строительства в качестве одного из основных направлений сокращения сроков строительства зданий и сооружений рассматривается их перепрофилирование под объекты другого функционального назначения. В частности, в научной публикации [3] отмечается, что «адаптация существующих зданий является экономически целесообразной и сокращает сроки введения в эксплуатацию».

Актуальность данной статьи связана с изменением функционального назначения или трансформацией заброшенных морских нефтяных платформ (МНП) под другие строительные системы. По завершении ЖЦ утилизация МНП нецелесообразна и неоправдана прежде всего с экологической точки зрения, поскольку в результате данного процесса гидросфера подвергается серьезному отрицательному воздействию. Установлено, что подводная часть МНП может служить искусственными рифами [4, 5]. Так, в научном исследовании [4] отмечается, что сложная опора буровой установки формирует своего рода трехмерный риф, который является прекрасным местом для жизни и развития живых организмов; в то же время благодаря открытой конструкции буровой установки течения, которые снабжают обитающие здесь организмы питательными веществами, могут свободно проходить через нее. Кроме того, и с экономической точки зрения утилизация отработавших МНП для бывших собственников является невыгодной: их демонтаж очень дорог. Например, авторами статьи [6] проанализированы концептуальные принципы процесса вывода из эксплуатации месторождений нефти и газа, расположенных в Северном море, и рассмотрены с позиции так называемого ответственного инвестирования вопросы реализации системы промышленной безопасности с учетом влияния на экологию при осуществлении мероприятий по выводу МНП из эксплуатации. Также авторами указанной работы, с опорой на отечественные нормативно-правовые акты, сформулированы собственные рекомендации, направленные на развитие методики и практики управления аварийными фондами в нашей стране. В статье подчеркивается необходимость создания финансового фонда для работ, входящих в последнюю стадию (утилизации) жизненного цикла МНП. Однако, с другой стороны, большая часть конструктивных элементов данных сооружений до стадии утилизации не исчерпывает свой расчетный ресурс. Возникает вопрос: может ли нужно создавать специальный финансовый фонд для продления ЖЦ на основе изменения функционального назначения?

По данным интернет-ресурсов [7, 8] только в Мексиканском заливе насчитывается около 3,5 тысячи бездействующих нефтяных площадок, уточненные данные в мировом масштабе в настоящее время отсутствуют. Практика показывает, что сооружения подобного типа можно эффективно использовать для рыбного промысла, поскольку в ряде помещений можно создать комфортные условия для проживания персонала, а краны с большой грузоподъемностью легко адаптируются для подъема, опускания и перемещения груза в виде специальных клеток для рыбы. Страны, являющиеся мировыми лидерами по отлову рыбы и производству аквакультуры, без особого энтузиазма соглашаются на снижение квот, имеющее своей целью сбережение рыбных ресурсов. В то же время значительное количество рыбопромысловых предприятий (в частности, некоторые компании, принадлежащие государствам, входящим в Европейский союз), вообще отказываются это делать, ссылаясь на различные причины. В сложившихся обстоятельствах использование заброшенных морских нефтяных платформ в качестве рыбных ферм,

вполне вероятно, может явиться стабилизирующим фактором и, как результат, повысит шансы по сохранению биологического разнообразия Мирового океана [7, 8].

Социальные и экономические выгоды изменения функционального назначения МНП представлены также в научных публикациях [9, 10], где авторы представляют обоснование перепрофилирования с целью сохранения экологического баланса и биоразнообразия морской подводной среды.

В указанных интернет-ресурсах [7, 8], а также в [11-13] приводятся примеры перепрофилирования платформ в туристические объекты, в объекты для занятий подводными видами спорта, жилые здания, военно-промышленные комплексы и т.д.

Таким образом, изменение функционального назначения заброшенных МНП решает ряд экономических, экологических, социальных, а также градостроительных задач, так как создание концепции плавучих городов может быть основано также на применении и перепрофилировании заброшенных МНП, что невозможно без тщательного анализа стадий жизненного цикла МНП как до изменения функционального назначения, так и после. Подобный анализ может стать основой для разработки информационной модели перепрофилирования МНП.

Вопросы совершенствования архитектуры строительных систем, их динамического развития на основе применения инновационных технологий, архитектурно-структурного формообразования МНП под новые функции детально рассмотрены в научных исследованиях [14, 15]. Авторы статьи [15] анализируют в рамках архитектурного подхода как уже реализованные, так и существующие пока лишь на концептуальном уровне проекты функционального перепрофилирования МНП, что позволяет им установить ряд соответствующих принципов, присущих архитектурно-структурному формообразованию. Они предлагают метод архитектурной конверсии МНП, позволяющий изменить функциональное назначение МНП, трансформировать архитектурные, объемно-планировочные и конструктивные решения объекта. Авторами указанной работы убедительно доказана экологическая, социально-экономическая и технологическая целесообразность архитектурной конверсии МНП, которая рассматривается в качестве альтернативы консервации и утилизации. Консервация, как известно, предусматривает частичный демонтаж оборудования с оставлением каркаса МНП. Вместе с тем в статье подчеркивается, что, хотя метод архитектурной конверсии имеет ряд достоинств, он требует определенных доработок, касающихся совершенствования организационного процесса, улучшения архитектурных характеристик, повышения уровня безопасности для потребителей. Авторы подчеркивают, что достичь высоких результатов в данном направлении можно только благодаря профессиональному подходу. Возвращаясь к заключению статьи [6], отметим уместность создания специального финансового фонда для продления ЖЦ за счет архитектурной конверсии МНП на основе применения существующих и разработки новых цифровых технологий.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В настоящее время отсутствует единый подход к созданию информационной модели перепрофилирования промышленных объектов, хотя применение цифровых и инновационных технологий с целью рефункционализации и адаптации промышленных объектов рассмотрено во многих научных публикациях. В статье [16] особое внимание уделено исследовательским методам, которые позволяют систематически и как можно более оптимально оценивать адаптационный потенциал промышленного объекта, который больше не выполняет своих прежних функций. Автор указанной работы обосновывает практическую эффективность применения метода многокритериального принятия решений (MCDM) и подчеркивает, что данный метод может рассматриваться как исходный критерий для выявления потенциала промышленной архитектуры в аспекте изменения ее функционального назначения, поскольку дает возможность учесть целый ряд различных условий. В статье автор также акцентирует необходимость применения BIM-моделирования.

В другой научной публикации [17] рассматривается многовариантное моделирование вывода из эксплуатации МНП. При этом впервые авторами был предложен «новый подход к созданию нескольких 4D/5D BIM-моделей полуавтоматическим способом для оценки различных вариантов сценариев вывода МНП из эксплуатации». Впервые был смоделирован процесс демон-

тажа конструктивных частей и их транспортировки на основе 4D-моделирования, ранее оно использовалось на этапе строительства «для мониторинга строительных работ». Использование 5D BIM-моделирования позволило лучше планировать и контролировать сроки и затраты выполнения работ. Этапы моделирования на основе BIM-технологий рассмотрены в публикациях [18, 19].

Применение цифровых технологий в нефтегазовой отрасли рассмотрено в статье [20], и хотя вопросы перепрофилирования объектов авторами не исследуются, представленные «интеллектуальные» технологии вполне могут быть использованы при разработке организационной схемы создания информационной модели изменения функционального назначения строительных систем на примере МНП.

Итак, целью данного исследования является выявление особенностей разработки информационной модели перепрофилирования МНП под другие объекты.

Для достижения поставленной цели были изучены основные типы МНП (глубина и конструктивные решения подводной части, основные достоинства и недостатки). Подобные сведения нужны для создания отдельных информационных блоков по методам и применяемым робототехническим средствам для обследования подводной части платформ, материалам и технологиям для нанесения антикоррозийного покрытия на конструкции подводной части, по устойчивости к изменениям полезной нагрузки, палубы надводной части и возможности изменения площади и конфигурации палубы, по технологичности демонтажных работ.

Отметим, что анализ преимуществ и недостатков различных типов МНП, представленных в [11], показывает, что некоторые недостатки МНП при перепрофилировании, наоборот, становятся необходимыми требованиями для организации изменения объемно-планировочных и конструктивных решений надводной части. Например, для платформ с совместимой башней одним из недостатков считается установка тяжелой буровой вышки. Это означает, что палуба платформы в состоянии нести большую нагрузку и т.д. Как отмечается в [21], при выборе того или иного варианта перепрофилирования обязательно следует принимать во внимание характерные особенности самого объекта.

Известно, что при изменении функционального назначения морских платформ демонтируются некоторые конструктивные части и составные элементы надпалубной части. Выбор демонтируемых конструкций и составных элементов зависит, опять же, от функционального назначения вновь возводимого здания. Как показывает практика, часто не демонтируются жилые модули, которые на стадии строительства нового объекта служат для временного проживания строителей, вертолетная площадка, грузоподъемные механизмы для погрузки и разгрузки, вспомогательное электротехническое оборудование. При перепрофилировании появляется возможность наращивания палубной части платформы. На рис. 1 приведен пример перепрофилирования МНП (на подводной части представлено общественное здание), где палуба представлена в форме шестиугольника.



Рис. 1. Визуализация внешнего вида общественного здания после перепрофилирования морской нефтяной платформы (авторская работа Акоюн Г.О.)

Fig. 1. Visualization of the appearance of a public building after the conversion of an offshore oil platform (author's work Akopyan G.O.)

Соты (шестиугольники) являются одной из самых распространенных форм создания объектов на воде, и в мире существуют удачные примеры создания плавучих городов. Отдельные палубы МНП могут использоваться в виде шестиугольников, на которых расположены объекты различного функционального назначения, а также для проектирования плавучих модулей (единиц) кварталов или городов на воде. Архитектурная концепция применения заброшенных МНП под плавучие города подробно будет рассмотрена в другом исследовании.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Таким образом, разработка информационной модели перепрофилирования заброшенных МНП под другие объекты должна быть основана на данных нескольких (двух или трех) информационных сред (ИС). Количество ИС зависит от типа МНП и от того, под какой объект они будут перепрофилированы, а также в целом от объема предпроектных и проектных работ.

На рис. 2 схематично представлены две информационные среды: первая (ИС1) включает стадии жизненного цикла (ЖЦ) МНП до перепрофилирования (первая фаза ЖЦ), вторая (ИС2) – перепрофилирования (соответственно, вторая фаза ЖЦ МНП, в качестве другого объекта).

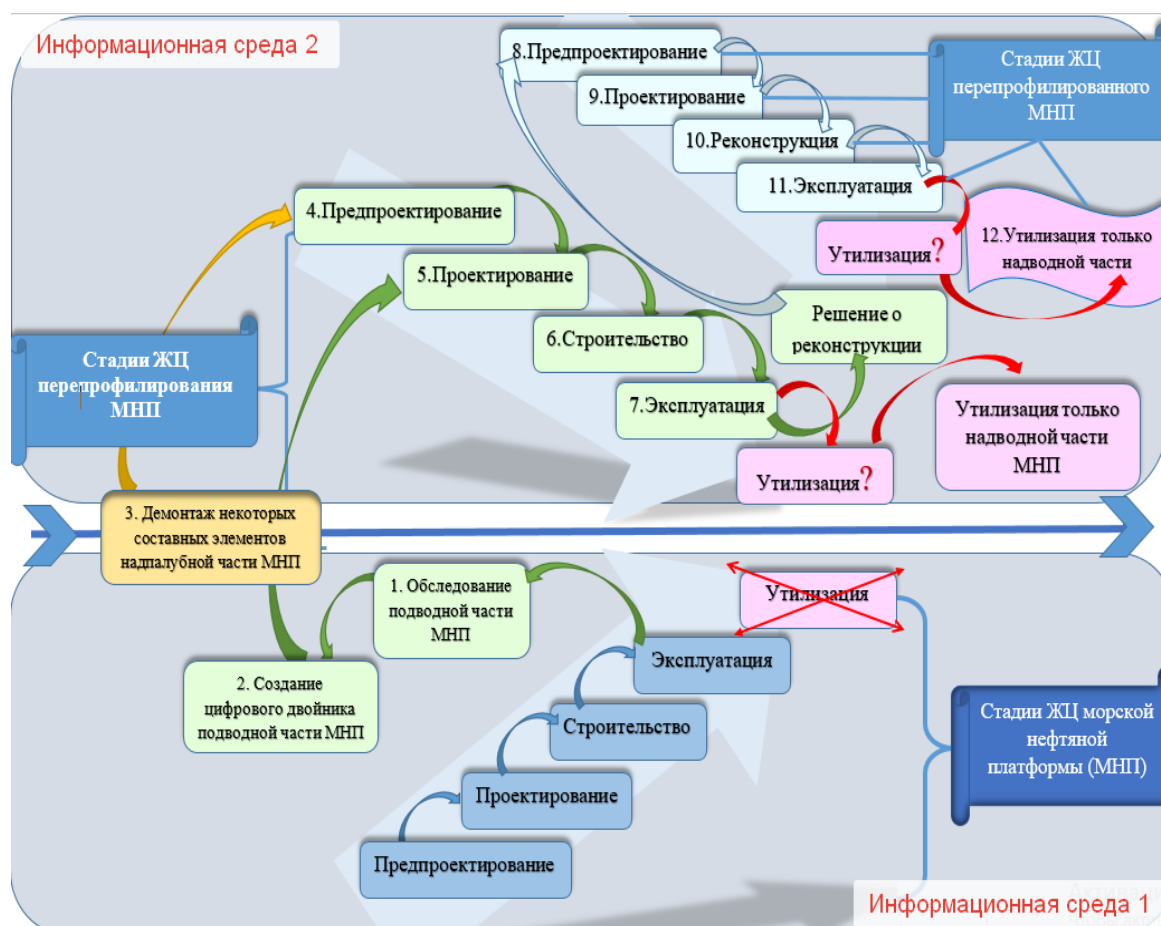


Рис. 2. Схема информационных сред, необходимых для создания информационной модели перепрофилирования морской нефтяной платформы (разработана авторами)

Fig. 2. Scheme of information environments required to create an information model for the conversion of an offshore oil platform (developed by the authors)

В информационной среде 1 (ИС1) представлены стадии жизненного цикла МНП, где стадия утилизации не выполняется, так как с позиции собственников утилизация представляется экономически необоснованным мероприятием, а кроме того, по мнению экологов, наносит значительный ущерб гидросфере. В данной среде должны выполняться работы по обследованию общего состояния (например, определению физического износа) подводной части.

В настоящее время существуют различные робототехнические комплексы, позволяющие выполнить мониторинг подводной среды с целью ее исследования и освоения [22]. Например, обследование подводной части платформ возможно с помощью телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА), автоматизированных автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и других комплексов. Основная часть современной подводной робототехники является интеллектуальной системой, решает сложные задачи по 3D-реконструкции подводной среды, т.е. можно создавать цифровые двойники подводных сооружений.

Подобные средства в качестве обязательного компонента должны включать так называемую проблемно-ориентированную геоинформационную систему, которая служит для интерактивного отображения ситуации под водой и управления роботом.

При необходимости в информационной среде ИС1 должны выполняться работы по усилению и антикоррозийной защите подводных конструктивных элементов, в соответствии с ранее созданным информационным блоком, входящим в общую базу данных. После разрабатывается цифровой двойник подводной части, который должен использоваться на стадии проектирования информационной среды ИС2.

Работы по демонтажу некоторых составных элементов надпалубной части, в которых нет надобности для перепрофилированного объекта, должны быть обоснованы в соответствии с предпроектной стадией информационной среды ИС2.

Ранее мы отметили, что в качестве одного из основных направлений сокращения сроков выполнения работ рассматривается перепрофилирование сооружений под объекты другого функционального назначения. Подчеркнем, что сокращение общей продолжительности перепрофилирования МНП напрямую зависит от продолжительности демонтажных работ (ненужных конструкций надплатформенной части МНП) и монтажных работ новой (или перепрофилированной) строительной системы, которая должна находиться на надводной надпалубной части, – одним словом, от технологичности демонтажных и монтажных работ, оптимизация временных параметров которых может быть выполнена с помощью существующих программ для ЭВМ.

Известно, что технологичность демонтажных и монтажных работ подразумевает выполнение всех технологических процессов с минимальными затратами труда и характеризуется с помощью ряда показателей. Анализ некоторых из них (коэффициентов равновесности, расчлененности, укрупнения и др.) показывает, что на современном этапе развития строительной индустрии здания и сооружения, возводимые из крупногабаритных плоскостных или объемных блок-модулей, имеют высокую технологичность.

В связи с этим на этапе предпроектирования информационной среды ИС2 инвесторам необходимо обратить внимание на факт приобретения МНП из модульных конструкций, компанию проектировщика и производителя модульных буровых установок (МБУ). Отметим, что крупные модули надпалубной части МНП состоят из отдельных блоков (например МБУ COSL (China Oilfield Services Limited) состоят из восьми крупноблочных составляющих), а сами блоки состоят из отдельных модулей меньшей массы (до 12 т) и размеров, количество которых иногда бывает более ста (не только COSL, но и Archer, Drillmec, Nabors, Ventec и др.). Такое расчленение позволяет в информационную среду включить грузоподъемные механизмы и такелажные устройства нужной грузоподъемности и других необходимых технических параметров.

Для наглядности в табл. 1 представлено сравнение массы отдельных блоков стационарной буровой установки и МБУ в процентном отношении от общей массы всех блоков надпалубной части.

Таблица 1. Сравнение отдельных блоков по массе морских нефтяных платформ со стационарной и модульной буровых установок (составлено по данным [23])

Table 1. Weight comparison of the key units of offshore oil platforms with a fixed and modular drilling rig (based on the [23] data)

Основные показатели по массе отдельных блоков, в процентах от общей массы	МНП со стационарной буровой установкой	МНП с модульной буровой установкой
Основные и вспомогательные металлоконструкции, покрытия, сварные швы и др.	52,84	51,93
Вертолетная площадка	1,15	1,52
Жилой блок	14,77	19,84
Вспомогательные системы	14,20	19,08
Буровой комплекс	11,36	-
Технологические системы	5,68	7,63
Итого	100	100

Однако данные, представленные в таблице, дают неполную характеристику не только по металлоемкости сравниваемых вариантов, но и по технологичности производства работ как по монтажу, так и демонтажу модулей, входящих в отдельные блоки.

На диаграмме (рис. 3) представлены общая масса и масса основных и вспомогательных металлоконструкций, покрытий, сварных швов по сравниваемым вариантам надплатформенной части МНП, что показывает эффективность применения модульных буровых установок, по общей металлоемкости и металлоемкости на основные и вспомогательные конструкции, покрытия, сварные швы экономия соответственно составляет 25,56 и 26,88%.

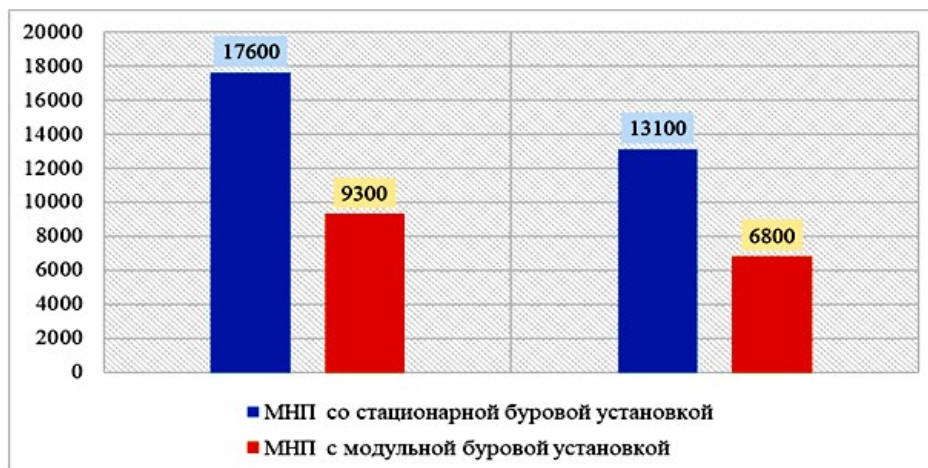


Рис. 3. Сравнение общей массы и массы основных и вспомогательных металлоконструкций двух типов буровых установок морских нефтяных платформ (составлено авторами по данным [23])

Fig. 3. Comparison of the total weight and the weights of the main and auxiliary steel structures for two types of offshore drilling rigs (based on the [23] data)

Применение МБУ позволяет сокращать капитальные затраты на весь период жизненного цикла объекта, как в целом, так и по отдельным показателям. На рис. 4 представлены капитальные затраты на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) при восьмилетней эксплуатации стационарной и модульной буровых установок. Восьмой год приходится на консервацию стационарной БУ и демонтаж МБУ, затраты на которые представлены на рис. 5.

Как видно из рис. 5, затраты на демонтаж МБУ на 5,5 раза больше, чем на консервацию стационарной БУ, но они быстро окупаются, так как их можно применять на других МНП, заменив отдельные неремонтопригодные модули блоков новыми, продлевая в целом жизненный цикл МБУ.

Представленная на рис. 2 информационная среда ИС1 при применении МБУ на МНП может быть модифицирована при помощи замены блока «утилизация» на блок «утилизация неремонтопригодных модулей». Корректировки в информационных средах могут быть внесены также в зависимости от мощности МБУ, они должны быть обоснованы как с экономической, так и с экологической точек зрения.



Рис. 4. Капитальные затраты на выполнение ТОиР при восьмилетней эксплуатации БУ, млн рублей в ценах 2022 года (составлена авторами по данным [24])

Fig. 4. Capital expenditure on maintenance and repair purposes for eight-year drilling rig operation, RUB M in the 2022 prices (based on the [24] data)



Рис. 5. Капитальные затраты на выполнение ТОиР при восьмилетней эксплуатации БУ, млн рублей в ценах 2022 года (составлена авторами по данным [24])

Fig. 5. Capital expenditure on maintenance and repair purposes for eight-year drilling rig operation, RUB M in the 2022 prices (based on the [24] data)

Рассмотрим затраты на изготовление и монтаж конструкций стационарной БУ и на монтаж и демонтаж модулей МБУ, а также продолжительность освоения указанных затрат (рис. 6).

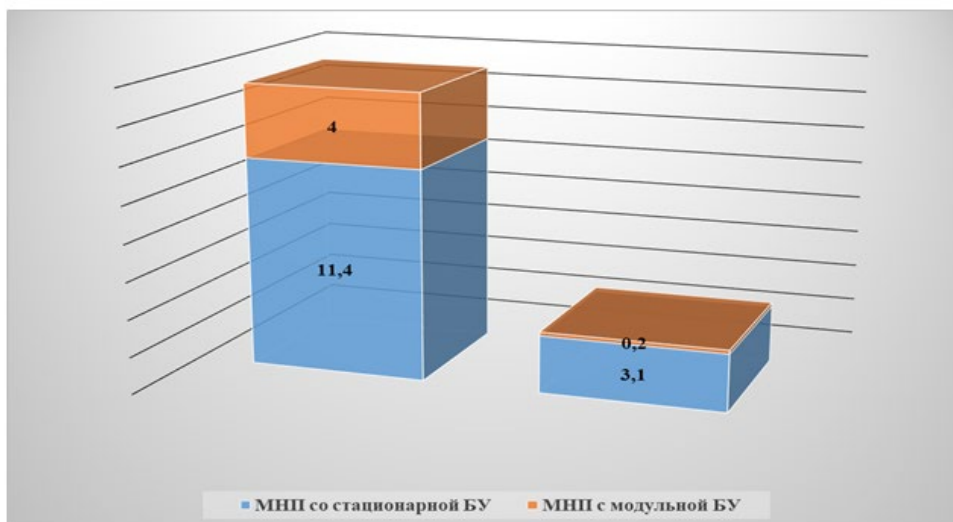


Рис. 6. Капитальные затраты на изготовление и монтаж металлоконструкций МНП со стационарной БУ и монтаж и демонтаж модулей МБУ (млрд руб. в ценах 2022 года), а также продолжительность освоения указанных затрат (год)
(составлена авторами по данным [24])

Fig. 6. Capital expenditure on the manufacturing and installation of the steel structures of an offshore oil platform with a fixed drilling rig, and on the installation and dismantling of a mobile drilling rig (RUB B in the 2022 prices), and the drawdown period (based on the [24] data)

Таким образом, продолжительность освоения капитальных затрат на изготовление и монтаж металлоконструкций МНП со стационарной БУ объемом 11,4 млрд руб. составляет 4 года, а монтаж и демонтаж модулей МБУ (3,1 млрд руб.) соответственно 0,2 года. Представленные на диаграммах (рис. 3-6) значения, характеризующие сравнение двух типов БУ, подтверждают, что МНП с МБУ являются более экономичными при перепрофилировании.

Продление жизненного цикла любого объекта отвечает требованиям концепции устойчивого развития территорий, перепрофилирование МНП является одним из главных направлений «сбалансированного воздействия» [25] на такие составляющие биосферы, как гидросфера и атмосфера.

ВЫВОДЫ

При создании информационной модели перепрофилирования МНП под объекты другого функционального назначения нужно учитывать многообразие МНП: тип, глубину и конструктивную систему подводной части, форму и показатели устойчивости палубной части и др., от чего зависят экономические, экологические, организационно-технологические решения выполнения работ. Современные высокотехнологичные информационные технологии, применяемые в отрасли, позволяют выполнять работы с минимальными финансовыми и временными затратами. Представленная на рис. 2 схема может стать основой для разработки информационной модели перепрофилирования МНП с учетом всех стадий и фаз жизненного цикла, схема может быть адаптирована к реконструкции других строительных систем.

Анализ приведенных научных публикаций показывает, что изменение функционального назначения МНП должно выполняться в целях обеспечения экологической безопасности окружающей природной среды. В связи с этим отметим, что формирование показателей экологической безопасности и энергоэффективности организационно-технологических решений изменения функционального назначения МНП необходимо выполнять на стадии предпроектирования. Далее, на других стадиях показатели должны проектироваться и находиться в пределах проектных (допустимых) значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Handbook of Energy Efficiency in Buildings. A Life Cycle Approach. Chapter 9 // Energy Efficiency in Building Renovation. 2018. P. 675 – 810. DOI: 10.1016/B978-0-12-812817-6.00042-5
- [2] Топчий Д.В., Музыченко С.Г., Гоцоев С.Д. Формирование структуры расчета эффективности организации контроля организационно-технологических процессов при перепрофилировании // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. № 5. С. 7. URL: <https://esj.today/PDF/90SAVN519.pdf>
- [3] Жиленко О.Б., Ниметуллаева У.М. Адаптация существующих зданий к новой функции // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 2 (73). С. 17 – 26.
- [4] Ann Scarborough Bull, Milton S. Love. Worldwide oil and gas platform decommissioning: A review of practices and reefing options // Ocean and Coastal Management. 2019. С. 168. 274 DOI: 10.1016/j.ocesoaman.2018.10.024
- [5] Зброшенныя нафтавыя платформы палюбіліся морскім абітацелям і сталі каркасам для новых рывоў [Электронны рэсурс]. URL: <https://fb.ru/post/nature/2021/1/31/282747> (дата абрацэння: 03.12.2022)
- [6] Khalidov I., Milovidov K., Soltakhanov A. Decommissioning of oil and gas assets: industrial and environmental security management, international experience and Russian practice // Heliyon. 2021. Vol. 7. № 7. P. e07646. URL: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440821901749-7>
- [7] Какую пользу океану принесут брошенные нефтяные платформы [Электронный ресурс]. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/9133-kakuyu-polzu-okeanu-prinesut-zabroshennyye-neftyanye-platform> (дата обращения: 03.12.2022)
- [8] Новое использование брошенных нефтяных вышек [Электронный ресурс]. URL: <https://energосmi.ru/archives/47621> (дата обращения: 03.12.2022)
- [9] Nugraha R.B.A., Basuki R., Oh J.S., Cho I.I.H., Naibaho N., Secasari Y., LON Mbay. Rigs-To-Reef (R2R): A new initiative on re-utilization of abandoned offshore oil and gas platforms in Indonesia for marine and fisheries sectors // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 241. P. 012014 DOI: 012014. 10.1088/1755-1315/241/1/012014
- [10] Radhouane Ben-Hamadou, Ahmad M.D. Mohamed, Sarra N. Dimassi, Mariam M. Razavi, Sara M. Alshuiael, and Muhammad O. Sulaiman. Assessing and Reporting Potential Environmental Risks Associated with Reefing Oil Platform During Decommissioning in Qatar // In book: Sustainable Qatar, Social, Political and Environmental Perspectives. 2022. P. 167 – 191. DOI: 0.1007/978-981-19-7398-7_10
- [11] Chiemela V.A., Ahmed R., Harrison O.B., Idris A.J., Chen A. Review on Fixed and Floating Offshore Structures. Part I: Types of Platforms with Some Applications // Journal of Marine Science and Engineering. 2022. Vol. 10 (8). P. 1074. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10081074>
- [12] Kee K.Y., Sue-Wern H. Transforming Abandoned Oil Rigs into Habitable Structures // Social Design. 2011. URL: <https://ru.socialdesignmagazine.com/mag/architettura/ku-yee-keehor-sue-wern-trasformare-piattaforme-petrolifere-abbandonate-in-strutture-abitabili>
- [13] Wan Abdullah Zawawi, Liew M.S., Na K.L. Decommissioning of Offshore Platform: A Sustainable Framework // CHUSER 2012. IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research. 2012. P. 26 – 31. DOI: 10.1109/CHUSER.2012.6504275
- [14] Бенаи Х.А., Балюба И.Г., Радионов Т.В. Динамическое совершенствование зданий и сооружений при реконструкции как основополагающий процесс преобразования архитектурной среды городов в условиях развития инновационных технологий // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Т. 13. № 1. С. 37 – 45.
- [15] Мудрецова Г.Г., Чистяков К.Ю. Пути архитектурно-структурного формообразования конверсируемых морских нефтедобывающих комплексов // Системные технологии. 2020. № 34. С. 84 – 99.

- [16] Цепилова О.П. Исследование методов определения функции при повторной адаптации промышленных комплексов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 9. С. 63 – 76. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-9-63-76
- [17] Cheng J.C.P., Tan, Y., Song, Y. et al. A semi-automated approach to generate 4D/5D BIM models for evaluating different offshore oil and gas platform decommissioning options // Visualization in Engineering. 2017. Vol. 5 (12). P. 1 – 13. DOI: 10.1186/s40327-017-0053-2.
- [18] Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Оганесян О.В., Бурлаченко А.О., Плешаков В.В. Возможности цифровых технологий для каждого этапа жизненного цикла строительной системы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 2 (87). С. 317 – 325.
- [19] Abramyam S.G., Burlachenko O.V., Oganesyam O.V., Burlachenko A.O., Archakov I.B., Pleshakov V.V. Technological solutions ensuring reliable operation of steel vertical reservoirs in seismic areas // Construction Materials and Products. 2022. 5 (5). P. 5 – 16. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2022-5-5-16>
- [20] Тчаро Хоноре, Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Цифровизация нефтяной промышленности: базовые подходы и обоснование «интеллектуальных» технологий // Вестник Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 2. С. 17. URL: <https://esj.today/PDF/88NZVN218.pdf>
- [21] Менейлюк А.И., Лобакова Л.В. Алгоритм выбора эффективного решения по перепрофилированию промышленных зданий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2016. № 8 (221). С. 35 – 41.
- [22] Инзарцев Л.В., Киселев В.В., Костенко Ю.В., Матвиенко А.М., Павин А.Ф., Щербатюк А.В. Подводные робототехнические комплексы: системы, технологии, применение / отв.ред. Л.В. Киселев; ФГБУН Ин-т проблем морских технологий ДВО РАН. Владивосток. 2018. 368 с.
- [23] Каменский Г.А., Резанов К.С., Зубков С.К. О расширении возможностей применения безлюдных платформ на шельфе Российской Федерации // Бурение и нефть. 2023. № 01. Спец. Выпуск. [Электронный ресурс]. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2023-01sp/64> (дата обращения: 05.05.2023)
- [24] Зубков С.К., Дряхлов В.С., Каменский Г.А., Резанов К.С. Модульные буровые установки для повышения эффективности добычи на шельфе // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2023. № 1 (131). С. 46 – 51.
- [25] Klyuyev S.V., Kashapov N.F., Radaykin O.V., Sabitov L.S., Klyuyev A.V., Shchekina N.A. Reliability coefficient for fibreconcrete material. Construction Materials and Products. 2022. 5 (2). P. 51 – 58. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2022-5-2-51-58>

References

- [1] Handbook of Energy Efficiency in Buildings. A Life Cycle Approach. Chapter 9. Energy Efficiency in Building Renovation. 2018. P. 675 – 810. DOI: 10.1016/B978-0-12-812817-6.00042-5
- [2] Topchiy D.V., Muzychenko S.G., Gotsoev S.D. Formation of the structure for calculating the effectiveness of the organization of control of organizational and technological processes during reprofiling. Bulletin of Eurasian Science. 2019. 11 (5). P. 7. URL: <https://esj.today/PDF/90SAVN519.pdf> (rus.)
- [3] Zhilenko O.B., Nimetullayeva U.M. Adaptation of existing buildings to a new function. Construction and technogenic safety. 2021. 2 (73). P. 17 – 26. (rus.)
- [4] Ann Scarborough Bull, Milton S. Love. Worldwide oil and gas platform decommissioning: A review of practices and reefing options. Ocean and Coastal Management. 2019. P. 168. 274 DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2018.10.024

- [5] Abandoned oil platforms fell in love with marine life and became a framework for new reefs [Electronic resource]. URL: <https://fb.ru/post/nature/2021/1/31/282747> (data of access: 03.12.2022) (rus.)
- [6] Khalidov I., Milovidov K., Soltakhanov A. Decommissioning of oil and gas assets: industrial and environmental security management, international experience and Russian practice. *Heliyon*. 2021. 7 (7). P. e07646. URL: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440821901749-7>
- [7] What benefits will abandoned oil platforms bring to the ocean [Electronic resource]. URL: <https://travelask.ru/blog/posts/9133-kakuyu-polzu-okeanu-prinesut-zabroshennyye-neftyanye-platform> (data of access: 03.12.2022) (rus.)
- [8] New use of abandoned oil rigs [Electronic resource]. URL: <https://energосmi.ru/archives/47621> (data of access: 03.12.2022) (rus.)
- [9] Nugraha R.B.A., Basuki R., Oh J.S., Cho I.I.H., Naibaho N., Secasari Y., LON Mbay. Rigs-To-Reef (R2R): A new initiative on re-utilization of abandoned offshore oil and gas platforms in Indonesia for marine and fisheries sectors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. 241. P 012014 DOI: 012014. 10.1088/1755-1315/241/1/012014
- [10] Radhouane Ben-Hamadou, Ahmad M.D. Mohamed, Sarra N. Dimassi, Mariam M. Razavi, Sara M. Alshuiael, and Muhammad O. Sulaiman. Assessing and Reporting Potential Environmental Risks Associated with Reefing Oil Platform During Decommissioning in Qatar. In book: *Sustainable Qatar, Social, Political and Environmental Perspectives*. 2022. P. 167 – 191. DOI: 0.1007/978-981-19-7398-7_10
- [11] Chiemela V.A., Ahmed R., Harrison O.B., Idris A.J., Chen A. Review on Fixed and Floating Offshore Structures. Part I: Types of Platforms with Some Applications. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022. 10 (8). P. 1074. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse10081074>
- [12] Kee K.Y., Sue-Wern H. Transforming Abandoned Oil Rigs into Habitable Structures. *Social Design*. 2011. URL: <https://ru.socialdesignmagazine.com/mag/architettura/ku-yee-kee-hor-sue-wern-trasformare-piattaforme-petrolifere-abbandonate-in-struttura-abitabili>
- [13] Wan Abdullah Zawawi, Liew M.S., Na K.L. Decommissioning of Offshore Platform: A Sustainable Framework. *CHUSER 2012. IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research*. 2012. P. 26 – 31. DOI: 10.1109/CHUSER.2012.6504275
- [14] Benai H.A., Balyuba I.G., Radionov T.V. Dynamic improvement of buildings and structures during reconstruction as a fundamental process of transformation of the architectural environment of cities in the conditions of development of innovative technologies. *Modern industrial and civil construction*. 2017. 13 (1). P. 37 – 45. (rus.)
- [15] Mudretsova G.G., Chistyakov K.Yu. Ways of architectural and structural shaping of convertible offshore oil-producing complexes. *System technologies*. 2020. 4. P. 84 – 99. (rus.)
- [16] Tsepilova O.P. Investigation of methods for determining the function during repeated adaptation of industrial complexes. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2022. . P. 63 – 76. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-9-63-76 (rus.)
- [17] Cheng J.C.P., Tan, Y., Song, Y. et al. A semi-automated approach to generate 4D/5D BIM models for evaluating different offshore oil and gas platform decommissioning options. *Visualization in Engineering*. 2017. 5 (12). P. 1 – 13. DOI: 10.1186/s40327-017-0053-2.
- [18] Abramyan S.G., Burlachenko O.V., Oganessian O.V., Burlachenko A.O., Pleshakov V.V. Possibilities of digital technologies for each stage of the life cycle of a construction system. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 2022. 2 (87). P. 317 – 325. (rus.)
- [19] Abramyan S.G., Burlachenko O.V., Oganessian O.V., Burlachenko A.O., Archakov I.B., Pleshakov V.V. Technological solutions ensuring reliable operation of steel vertical reservoirs in seismic areas. *Construction Materials and Products*. 2022. 5 (5). P. 5 – 16. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2022-5-5-16>
- [20] Tcharo Honore, Vorobyev A.E., Vorobyev K.A. Digitalization of the oil industry: basic approaches and justification of "intelligent" technologies. *Bulletin of Eurasian Science*. 2018. 10 (2). P. 17. URL: <https://esj.today/PDF/88NZVN218.pdf> (rus.)

- [21] Menelyuk A.I., Lobanova L.V. Algorithm for choosing an effective solution for re-profiling industrial buildings. Bulletin of the Pridneprovskaya State Academy of Construction and Architecture. 2016. 8 (221). P. 35 – 41. (rus.)
- [22] Inzartsev L.V., Kiselev V.V., Kostenko Yu.V., Matvienko A.M., Pavin A.F., Shcherbatyuk A.V. Underwater robotic complexes: systems, technologies, applications. Ed. L.V. Kiselev; FSB Institute of Problems of Marine Technologies FEB RAS. Vladivostok. 2018. 368 p. (rus.)
- [23] Kamensky G.A., Rezanov K.S., Zubkov S.K. On expanding the possibilities of using unmanned platforms on the shelf of the Russian Federation. Drilling and oil. 2023. № 01. Spec. release. [electronic resource]. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2023-01sp/64> (date of access: 05.05.2023) (rus.)
- [24] Zubkov S.K., Dryakhlov V.S., Kamensky G.A., Rezanov K.S. Modular drilling rigs for improving the efficiency of offshore production. Business Journal Neftegaz.RU. 2023. 1 (131). P. 46 – 51. (rus.)
- [25] Klyuyev S.V., Kashapov N.F., Radaykin O.V., Sabitov L.S., Klyuyev A.V., Shchekina N.A. Reliability coefficient for fibreconcrete material. Construction Materials and Products. 2022. 5 (2). P. 51 – 58. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2022-5-2-51-58>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Абрамян С.Г., e-mail: susannagrants@mail.ru, тел. +7(902) 389-25-99, ORCID ID: 0000-0002-3938-1096, SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508040964>, Волгоградский государственный технический университет, кафедра «Технологий строительного производства», кандидат технических наук, доцент, ООО «МИП ГрантМИПУС», генеральный директор

Abramyan S.G., e-mail: susannagrants@mail.ru, tel.: +7(902) 389-25-99, ORCID ID: 0000-0002-3938-1096, SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6508040964>, Volgograd State Technical University, Department «Construction Production Technologies», Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor, LLC «MIP GrantMIPUS», General Director

Клюев С.В., e-mail: klyuyev@yandex.ru. Тел. +7 (951) 139-63-27, ORCID 0000-0002-1995-6139, Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212454175>, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, доктор технических наук, доцент

Klyuev S.V., e-mail: klyuyev@yandex.ru. Тел. Тел. +7 (951) 139-63-27, ORCID 0000-0002-1995-6139, Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212454175>, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Associate Professor

Поляков В.Г., e-mail: polana58@mail.ru, тел. +7(960) 879-80-50, ORCID ID: 0000-0002-9464-0994, SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190885875>, Волгоградский государственный технический университет, кафедра «Городское строительство, экономика и управление проектами», заведующий кафедрой, декан факультета строительства и жилищно-коммунального хозяйства, доктор экономических наук, профессор

Polyakov V.G., e-mail: polana58@mail.ru, tel.: +7(960) 879-80-50, ORCID ID: 0000-0002-9464-0994, SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190885875>, Volgograd State Technical University, the Head of the «Urban Construction, Economics and Project Management» Department, the Dean of the «Construction and Housing and Communal Services» Faculty, Doctor of Economic Sciences (Advanced Doctor), Professor

Сабитова Т.А., e-mail: ta.sabitova@gmail.com, тел. +7(903) 468-92-94, ORCID ID: 0009-0004-9380-7432, SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205656211>, Волгоградский государственный технический университет, кафедра «Гидротехнические и земляные сооружения», кандидат технических наук, доцент

Sabitova T.A., e-mail: ta.sabitova@gmail.com, tel.: +7(903) 468-92-94, ORCID ID: 0009-0004-9380-7432, SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205656211>, Volgograd State Technical University, Department of Hydraulic and Earthworks, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor

Акопян Г.О., e-mail: akopyangr.2015@gmail.com, тел. +7(937) 550-60-63, ORCID ID: 0000-0003-3069-1028, Волгоградский государственный технический университет, кафедра «Технологий строительного производства»; Архитектурное бюро «АРХИКРЕДО», архитектор

Akopyan G.O., e-mail: akopyangr.2015@gmail.com, tel.: +7(937) 550-60-63, ORCID ID: 0000-0003-3069-1028, Volgograd State Technical University, Department «Construction Production Technologies»; Architectural bureau «ARCHIKREDO», architect

Гусейнов К.М., e-mail: kamran.vlg@yandex.ru, тел. +7(937) 088-84-00, ORCID ID: 0009-0000-9633-2613, Волгоградский государственный технический университет, кафедра «Технологий строительного производства»; ООО «ГСП-Нефтегазпереработка», инженер

Guseynov K.M., e-mail: kamran.vlg@yandex.ru, tel.: +7(937) 088-84-00, ORCID ID: 0009-0000-9633-2613, Volgograd State Technical University, Department «Construction Production Technologies»; LLC «GSP-Neftegazpererabotka», Engineer

Поступила в редакцию 14 мая 2023 г.
Принята в доработанном виде 3 июля 2023 г.
Одобрена для публикации 14 августа 2023 г.

Received: May 14, 2023.
Revised: July 3, 2023.
Accepted: August 14, 2023.