

Научная статья
УДК 656.615
<https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-2-92-101>

Направление совершенствования норм технологического проектирования морских портов

А. Л. Кузнецов^{1✉}, А. М. Сампиев², А. Д. Семенов³, А. В. Кириченко⁴

^{1, 3, 4}*Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия, thunder1950@yandex.ru*

²*АО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ», Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Рассматривается процесс проектирования, суть которого в практическом смысле состоит в создании еще не существующего объекта согласно имеющимся требованиям к нему. Поскольку к физическому воплощению объекта переходят лишь после завершения проектирования, во время всей процедуры имеют дело с различными моделями и информацией. Для морских перегрузочных комплексов результатом проектирования является проектная документация, в которой содержится не только достаточная для строительства и ввода в эксплуатацию информация, но отражены практически все физические, операционные, эксплуатационные и финансово-экономические характеристики создаваемого объекта. Элементы исследования поведения, т. е. изучения реакции выходных параметров на изменения исходных и полученных на предшествующих этапах проектирования данных, составляют обязательную часть каждого следующего этапа. Различие требований к точности, надежности и детализации данных на разных этапах проектирования требует использования для их анализа моделей различной сложности и точности. Капиталоемкость инфраструктурных объектов морского транспорта, отсутствие ликвидности и масштабность социально-экономического воздействия на общество определяют особые требования к этому виду деятельности, выражающиеся в жестком регулировании и нормировании всех проектных процедур. Отмечено, что действующими сегодня нормами регламентируются и методы технологического проектирования, но эта регламентация остается неизменной на протяжении многих лет. Существенная эволюция природы, структуры и объемов данных входит в противоречие с документальными требованиями производства численных расчетов. Формируются общие положения математического моделирования, используемого в качестве инструмента проектирования на разных этапах процедуры проектирования морских перегрузочных комплексов. Проводится краткий содержательный анализ типовых этапов процедуры проектирования, который позволяет сопоставить последовательность этапов технологического проектирования с использованием средств статистического моделирования и теории массового обслуживания. Приводится описание новой концепции имитационного моделирования, позволяющей совместить гносеологические преимущества данного подхода с универсальностью, присущей традиционным методам. Сохранение универсальности и объективная процедура последовательного установления адекватности всех описанных в исследовании моделей позволяет ставить вопрос о внесении этого инструментария в общие правила и рекомендации, действующие в отношении проектирования морских перегрузочных комплексов.

Ключевые слова: технологическое проектирование, морские порты, статистическое моделирование, метод Монте-Карло, имитационное моделирование, теория массового обслуживания, совершенствование методов, методика проектирования, инфраструктурные объекты

Для цитирования: *Кузнецов А. Л., Сампиев А. М., Семенов А. Д., Кириченко А. В. Направление совершенствования норм технологического проектирования морских портов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022. № 2. С. 92–101. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-2-92-101>.*

Original article

Directions of seaport technological rules development

A. L. Kuznetsov^{1✉}, A. M. Sampiev², A. D. Semenov³, A. V. Kirichenko⁴

^{1, 3, 4}*Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russia, thunder1950@yandex.ru*

²*LENMORNII PROEKT, JSC, Saint-Petersburg, Russia*

Abstract. The article highlights the design process aimed to develop a non-existing object, which should correspond to all the requirements. As far as the physical creation of an object is started only after finishing the design process, the whole procedure includes discussing different models and information. The result of sea terminals design is the documentation which consists of not only the necessary for construction and exploitation information, but also almost all physical, operational, exploitation and financial parameters of the object. The elements of behavior research, i.e. exploration of the output parameters reaction to the change of input ones and the data that were calculated on the previous steps of the design process, is a necessary part of each next step. The variation of requirements to the precision, sustainability and specification of data on different steps of design require to use different in complexity and precision models to analyze them. The capitalization of infrastructural objects of sea transport, the acceptance of liquidity and the scale of social-economic impact on the society define the special requirements to this branch of activity, which are applied in strict regulation and formulation of rules of all design processes. It has been stated that the active rules define the methods of sea terminals design, but this definition has been unchanged for a long time. The great evolution of nature, structure and volumes of data bring a conflict with the documental requirements to the calculations. There are developed the general rules of mathematical modelling used as an instrument of design on different steps of sea terminals design. There is carried out a brief content analysis of the typical steps of a design process, which allows to correspond the consequence of technological design stages with using the statistical modelling and queueing theory design methods. It also includes the description of a new concept of simulation modelling, which allows to connect gnoseological advantages of this approach with universality of traditional methods. Saving the universality and objective process of consequent adequacy provement of all the described models allow to put a question of utilization of this instrument into the general rules and recommendations of sea terminal design.

Keywords: technological design, sea ports, statistical modelling, Monte-Carlo method, simulation modelling, queueing theory, method modernization, design methods, infrastructural objects

For citation: Kuznetsov A. L., Sampiev A. M., Semenov A. D., Kirichenko A. V. Directions of seaport technological rules development. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies.* 2022;2:92-101. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2022-2-92-101>.

Введение

Полный современный цикл создания морских перегрузочных комплексов как объектов транспортной инфраструктуры проходит несколько стадий – от бизнес-идеи до анализа результатов коммерческой эксплуатации [1–3]. Конкретные наименования этапов и их содержание меняются в зависимости от многих факторов: назначения и масштаба объекта, национальных особенностей, ведомственной принадлежности и др. В наиболее полном виде этот процесс включает предпроектные проработки, создание проектной и рабочей документации, строительство, ввод в эксплуатацию, собственно эксплуатацию объекта.

Основные этапы проектирования

Профиль создаваемого комплекса накладывает определенную специфику на состав и название этапов, поэтому в настоящем исследовании в качестве примера выбран один из наиболее сложных и дорогостоящих объектов – морской контейнерный терминал (рис. 1).

В создании каждого объекта подобного рода участвует множество сторон: инвестор, заказчик, проектировщик, оператор, разрешительные и надзорные органы, клиенты и др. Каждая из стадий создания контейнерного терминала предполагает различную степень участия сторон. Координация интересов всех сторон достигается, в частности, через определенную систему технико-экономических показателей, которые в ходе рассматриваемой процедуры

меняют свою природу (от априорной к апостериорной), точность и степень детализации (рис. 2).



Рис. 1. Стадии создания контейнерного терминала

Fig. 1. Stages of creating a container terminal

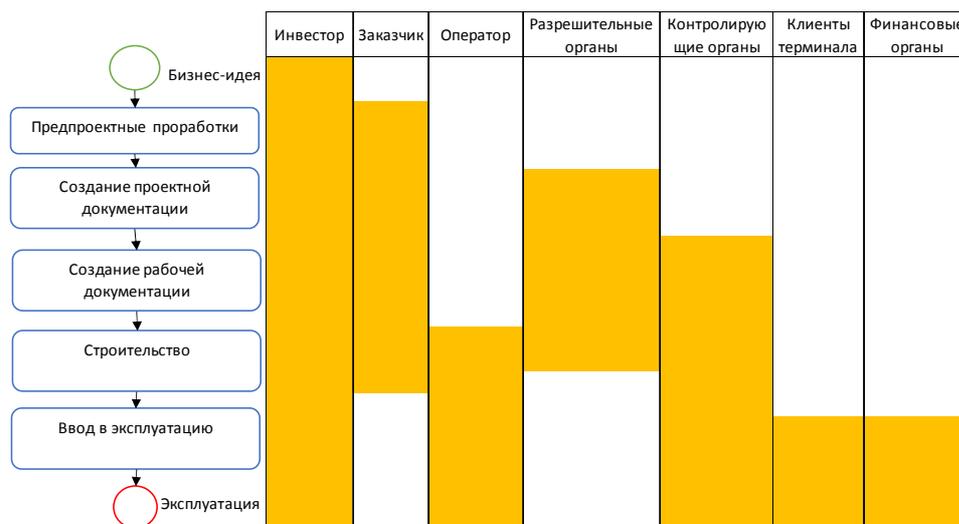


Рис. 2. Степень участия различных сторон в процессе создания и эксплуатации терминала

Fig. 2. The degree of participation of various parties in the process of creating and operating the terminal

В целом процедура создания контейнерного терминала, понимаемая как единый развивающийся процесс, должна строиться на базе столь же последовательного и непротиворечивого методического базиса. Разная степень детализации представлений об объекте, рост объема и сложности структуры релевантной информации о нем, многовариантность проектных процедур, увеличение трудоемкости от стадии к стадии обуславливают

сложность создания такого базиса с теоретической и практической точек зрения.

В существующей сегодня практике указанная единая процедура выполняется как последовательность относительно независимых этапов, связанных обособленными техническими заданиями и опирающихся на методические рекомендации «Норм технологического проектирования морских портов» [4] (рис. 3).

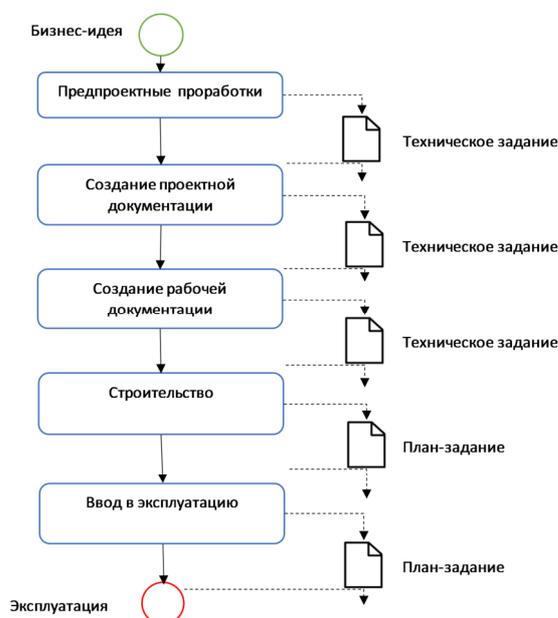


Рис. 3. Создание терминала как практическая последовательность шагов

Fig. 3. Creating a terminal as a practical sequence of steps

Процедура проектирования во многих случаях выполняется различными организациями и специалистами. Концентрированный формат представлений об объекте, развитых предшествующими участниками (и даже подробные отчеты о проведенных работах), не отражает всей полноты картины, поскольку многие важные методические предположения, сделанные при расчетах допущения, рассмотренные и отсеченные варианты, частные критерии, не выражаемые формальными средствами опыт и интуиция (или их отсутствие) в результирующем техническом задании отсутствуют [5]. В то же время это «невербализуемое» окружение проекта может оказывать критически важное влияние на его успешность.

Появление на поздних стадиях проектирования новых обстоятельств достаточно часто требует внесения изменений в текущий проект. Сделанные согласно новым внешним требованиям, но не учитывающие границы применимости всего выполненного ранее объема технико-экономических решений подобные изменения могут привести к полной утрате обоснованности проекта, поскольку де-факто могут выводить параметры проектируемого объекта за границы допустимых областей, принятых на ранних стадиях.

Для морских портовых перегрузочных комплексов до разработки проектной документации инвесторами, как правило, разрабатываются декларация о намерениях инвестирования в строительство и реконструкцию объектов инфраструктуры морского порта и основные технические решения. Указанные документы представляют собой предпроектные проработки. В настоящее время отсутствуют общепризнанные регламентные документы, предъявляющие требования к разработке декларации о намерениях, и ее разработка ведется на основании технического задания инвестора. Наиболее детально требования к содержанию деклараций закреплены внутренним документом ФГУП «Росморпорт», а именно «Положением о порядке разработки и согласования Ходатайства (Декларации) о намерениях инвестирования в строительство и реконструкцию объектов инфраструктуры морского порта» (СтО 14649425-0002-2016) [6].

Согласно СтО [6] в составе декларации необходимо определить количество причалов, складов и перегрузочного оборудования для освоения расчетного грузооборота. Также необходимо указать технические характеристики основного перегрузочного оборудования и оформить технологическую схему на схеме генерального плана. Состав разделов декларации (ходатайства) уточняется инвестором в каждом конкретном случае и должен содержать оптимальный объем информации, необходимой для принятия решений.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [7] подраздел «Технологические решения» среди прочего должен содержать обоснования принятых технологических решений. При этом общепринятым и безусловным в качестве обоснования корректности принимаемых решений инструментом для определения номенклатуры причального фронта, количества и производительности перегрузочного оборудования и других технологических показателей на всех стадиях проектирования является СП 350.1326000.2018 [4] (далее – Нормы).

Значительный прогресс в развитии специализированного оборудования, изменение характеристик флота, расширение функционального спектра грузовых терминалов и связанное с этими факторами появление новых технологий, влияние коммерческих факторов и положения терминала в цепи поставок обуславливают устаревание этих документов в ряде аспектов. Их использование, как при проектировании, так и при проведении экспертиз проектов морских перегрузочных комплексов, существенно снижает качество проекта по сравнению с мировыми аналогами.

В Нормах имеются упоминания о том, что «следует», «рекомендуется», «предлагается» выполнять имитационное моделирование в целях получения оптимальных значений технологических показателей и достижения максимального коммерческого эффекта. Однако существующая культура проектирования, отсутствие требований заказчиков в заданиях на проектирование, отсутствие замечаний от государственных экспертиз и «мягкость» формулировок Норм приводят к тому, что на практике в подавляющем большинстве случаев альтернативные инструменты определения технологических показателей, включая имитационное моделирование, не используются. Причиной является не отсутствие методов моделирования, а скорее их разнообразие: если алгебраические методы унифицированы и общепризнаны, то различия получаемых с помощью моделирования результатов служат основанием для сомнений и опасения брать на себя ответственность. Сделанные в соответствии с действующими нормами расчеты не могут подвергнуться критике даже при определенно неудовлетворительной эффективности созданного комплекса, в то время как любые отклонения могут быть отнесены на счет непроверенных методов моделирования, использованных проектной организацией. Неудивительно, что в подобных условиях проектные и консалтинговые организации предпочитают не связываться с развитием эффективных средств моделирования, сводя их обычно

к компьютерным анимациям, используемым при отчетах заказчику по выполненным этапам.

В соответствии с пунктом 1.2 «Общих положений» ВНТП 01-78 «Главная задача технологического проектирования морского порта – получение оптимального решения порта как единого комплекса, удовлетворяющего требованиям безопасного приема, быстрой загрузки-разгрузки и комплексного обслуживания современных и перспективных транспортных судов и отвечающего условиям прогрессивных способов перевозок на морском и смежных видах транспорта» [8]. Указанная задача четко сформулирована и соответствует требованиям настоящего времени, однако современные инструменты для ее решения отсутствуют.

Анализ зарубежной отраслевой литературы доказывает, что при проектировании сложных транспортно-инфраструктурных систем (например, морской порт – сухой порт [9, 10]) применялись методы теории игр и нелинейной оптимизации. Имитационное моделирование широко применяется для решения частных задач проектирования, как навигационных (например, по определению ветровых нагрузок [11]), так и технологических, в том числе связанных с выполнением погрузочно-разгрузочных работ [12].

Методы и материалы исследования

Алгебраические методы расчета технологических показателей по формулам из Норм возможны и полезны к применению на ранних стадиях предпроектных проработок, на этапе возникновения бизнес-идеи или при разработке деклараций о намерениях. На этапе работы над основными техническими решениями и проектной документацией должны применяться более современные методы. Эта безапелляционность позиции связана, в первую очередь, с необходимостью экономии средств инвесторов.

Сегодня задача создания новых руководящих документов и сводов правил, не просто легализующих инновационные решения в области технологического проектирования, но обобщающих опыт лучших мировых и отечественных проектировщиков и помогающих всем заинтересованным участникам создавать эффективные объекты транспортной инфраструктуры, становится важнейшей народнохозяйственной проблемой отраслевой науки.

Для решения обозначенной проблемы должен быть использован весь потенциал современной транспортной науки, тщательный анализ полученных результатов и сравнение их с практикой проектирования, строительства и эксплуатации таких важных и высокотехнологичных объектов, которыми являются современные контейнерные терми-

налы. Их большая капиталоемкость и значение для реализации транспортного потенциала страны слишком высоки, чтобы сохранять нормативную базу, не стимулирующую к принятию прогрессивных решений, а тормозящую развитие.

В значительной мере вся деятельность по созданию новых норм должна основываться на систематизированном анализе отечественных и зарубежных данных, касающихся наиболее успешных инфраструктурных проектов. В то же время как рабочий инструмент проверки корректности и непротиворечивости нормативных документов должно широко использоваться математическое моделирование, представленное широким спектром методик, от простых графоаналитических до агентных объектно-ориентированных (имитационных). Эти же методики впоследствии должны будут составить научно-методическое сопровождение процедуры проектирования.

В представленной выше последовательности этапов проектирования морских портов методы норм технологического проектирования могут использоваться на первых стадиях, поскольку позволяют быстро получить оценку характеристик проектируемого порта. Некоторые допущения, которые используются в этих методах, могут приводить к завышению получаемых результатов. Последнее, в свою очередь, приводит к финансовым потерям портовых инвесторов. В связи с этим на последующих стадиях проектирования необходимо использовать более сложные методы расчета. В настоящей работе на примере задачи расчета количества причалов рассматривается методика получения проектных характеристик порта.

В основе данной методики лежит поэтапное уточнение полученных на начальном этапе характеристик. При этом на каждом этапе рассматриваются все более комплексные методы расчета. На первом этапе метод норм технологического проектирования дополняется расчетом по методу Монте-Карло, в рамках которого все параметры рассматриваются как случайные величины. Этот метод позволяет определить возможные разбросы в расчетных характеристиках. Метод исследования систем с помощью случайных величин является наиболее удобным методом в случае высокой неопределенности или в случае отсутствия информации об объекте. Результатом расчета является вероятность того, что определенного количества причалов хватит для выполнения заданного грузопотока. Вероятность в данном случае может пониматься как количественная оценка уверенности в том, что порт с определенным количеством причалов сможет обслужить заданный грузопоток (рис. 4).

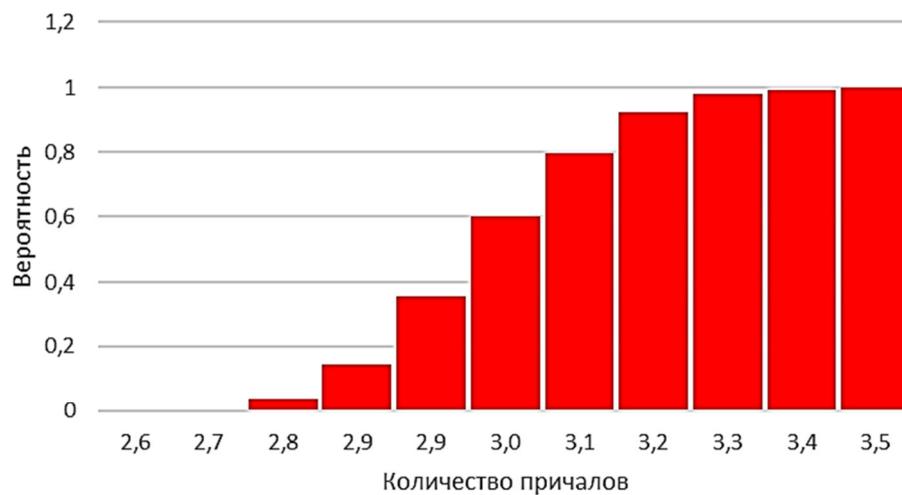


Рис. 4. Результат расчета причалов методом Монте-Карло

Fig. 4. The analysis result of berths by using the Monte Carlo method

На втором этапе осуществляется расчет количества причалов методами теории массового обслуживания, в рамках которой порт рассматривается как множество каналов обслуживания судов (причалов). Поступление судов в такую систему и время их обслуживания являются случайными, рас-

пределенными по экспоненциальному закону. Исследование данной задачи с этой позиции позволяет получить распределение относительного времени обслуживания судов в порту при разном количестве причалов (рис. 5).

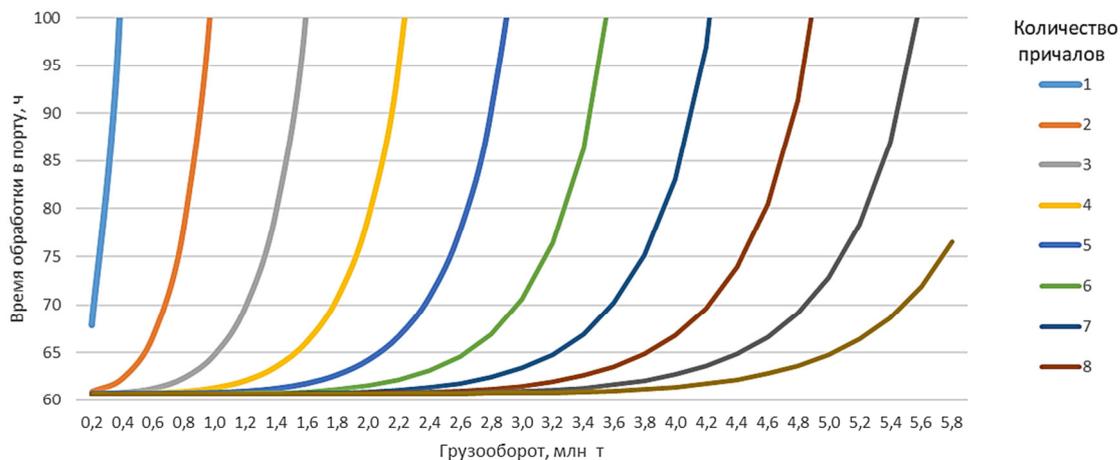


Рис. 5. Результат расчета причалов методами теории массового обслуживания

Fig. 5. The analysis result of berths by applying queuing theory

Под относительным временем обслуживания понимается отношение времени ожидания судном причала к времени обслуживания в порту.

На третьем этапе порт исследуется с помощью дискретно-событийной имитационной модели порта. Данный метод объединяет подход метода Монте-Карло с основными положениями теории массового обслуживания. В рамках настоящего исследования рассматривается поступление потока судов

с разными характеристиками интервалов между судозаходами на заданное количество причалов морского порта. Время обработки судов в порту определяется по заданным законом распределения случайной величины. Имитационное моделирование позволяет проанализировать влияние различного характера потока судов на систему с определенным количеством причалов. Результатами анализа является распределение времени обработки

судов в порту, а также распределение занятости причалов (рис. 6, 7).

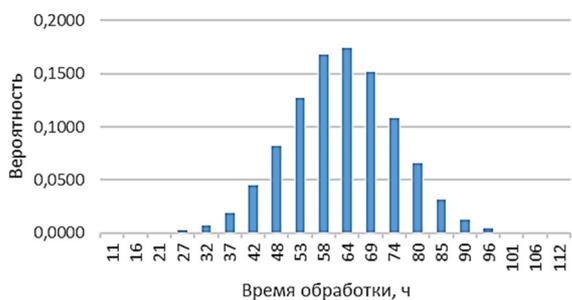


Рис. 6. Распределение времени обработки судов

Fig. 6. Distribution of ship handling time

На четвертом этапе задача решается с помощью агентной имитационной модели, в рамках которой порт рассматривается как множество неоднородных причалов, на каждом из которых может обрабатываться только заданная группа судов с различными распределениями производительности.

Такого рода анализ позволяет уточнить результаты моделирования, полученные на предыдущем этапе.

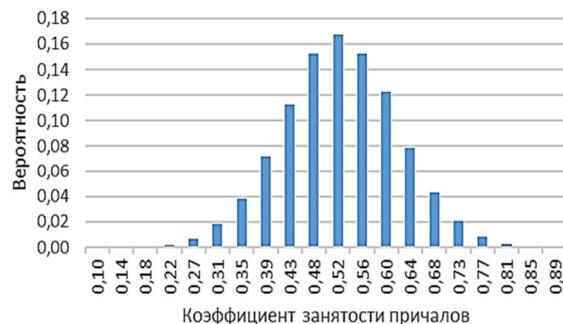


Рис. 7. Распределение занятости причалов

Fig. 7. Distribution of berths occupancy

Процесс принятия решения о необходимом количестве причалов на основании представленной методики проиллюстрирован на рис. 8.

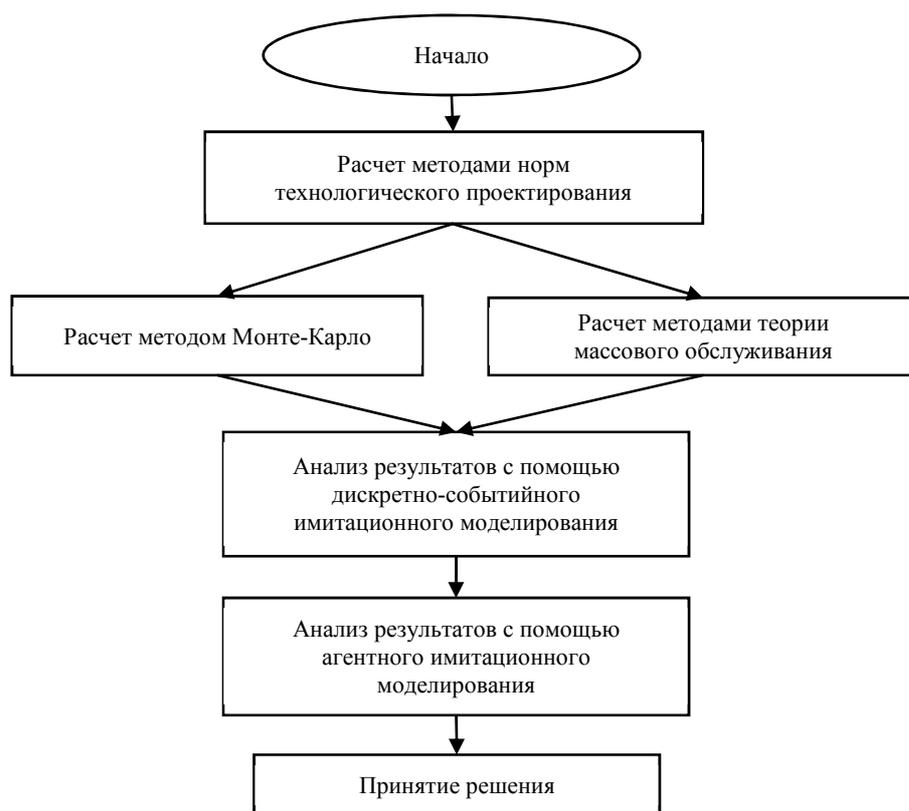


Рис. 8. Методика анализа количества причалов

Fig. 8. Methods for analyzing the number of berths

Результаты исследования

Представленные выше методы дают разные результаты в различном формате. Однако их можно сравнить, если для методов, использующих слу-

чайные величины, рассматривать величины с заданным уровнем уверенности (вероятности). Результаты расчетов характеристик причалов разными методами представлены в таблице.

Сравнение результатов различных методов

Comparison of results of using different methods

Метод расчета	Оцениваемый параметр			
	Количество причалов	Возможное отклонение от среднего значения, %	Среднее время обработки, ч	Возможное отклонение от среднего значения, %
Нормы технологического проектирования	6	–	64	–
Метод Монте-Карло	6	10	64	–
Теория массового обслуживания	5	–	64	–
Имитационное моделирование	5	12	62	25

Согласно таблице применение более сложных методов позволяет получить не только более точные (или экономные) характеристики, но и большее количество информации относительно методов норм технологического проектирования.

Заключение

В результате проведенного общего анализа состояния глобальной мировой системы торговли выявлена проблема несоответствующего требованиям практики состояния методологического базиса проектирования основных инфраструктурных элементов – контейнерных портов, терминалов, иных специфических транспортных узлов. Растущие требования к эффективности этих капиталоемких объектов в условиях высокодинамичной и изменчивой коммерческой и геополитической среды, в которой проходит их жизненный цикл развития, влияние характерных для этого вида деятельности глобальных и локальных кризисов, быстрая смена парадигм развития и высокая степень системной зависимости совокупно вызывают необходимость разработки новых подходов к технологическому проектированию.

Для решения обозначенной масштабной и комплексной проблемы, поставленной в качестве цели настоящей работы, представляется необходимым выполнить следующие задачи:

- провести подробный системный анализ всех факторов, оказывающих влияние на развитие системы мировой торговли и распределения в прошлом, настоящем и будущем (в краткосрочных и среднесрочных горизонтах, совпадающих с рамками государственного планирования РФ);

- выявить устойчивые тенденции совершенствования и развития технологии систем морского и наземного грузораспределения, оказывающие влияние на методики проектирования;

- предложить классификацию и в ее рамках выполнить сравнительный анализ функциональных характеристик основных инфраструктурных объектов системы морского и наземного распределения с целью выбора и обоснования требований к методам их проектирования;

- провести системный анализ существующего и перспективного перегрузочного оборудования в аспектах его технологических и финансово-экономических характеристик, обуславливающих возможность и оптимальность использования в зависимости от требуемых свойств и положения транспортного узла, использующего это оборудование;

- изучить с позиций новых требований к составу и качеству проектирования существующий инструментарий технологического проектирования объектов контейнерной грузообработки, вывить границы применимости и системную взаимосвязь различных методик;

- разработать рекомендации по использованию существующих методик, последовательности их применения и обеспечению внутренней непротиворечивости во время процедуры проектирования в целом;

- разработать, реализовать и доказать валидность новых методов проектирования, совместно с уже существующими образующих новый подход к технологическому проектированию выбранной категории объектов транспортной инфраструктуры;

- реализовать научно-методические решения и подходы в виде экспертных систем, готовых к использованию в практике отечественного проектирования контейнерных центров грузообработки;

- доказать адекватность и эффективность всех научных и практических положений, являющихся результатами работы, практическими результатами их применения.

Список источников

1. Juan Rendon Schneir, Julie Bradford, Ade Ajibulu, Ken Pearson, Konstantinos Konstantinou, Hassan Osman, Gerd Zimmermann. A business case for 5G services in an industrial sea port area // *Telecommunications Policy*. 2021. V. 46. Iss. 3. P. 102264.
2. Mychal Langenus, Michaël Dooms. Creating an industry-level business model for sustainability: The case of the European ports industry // *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 195. P. 949–962.
3. Ayedh Al-Mutairi, Sharaf Al Kheder, Shaikhah Alzwayid, Dalal Talib, Mariam Bn Heji, James H. Lambert. Scenario-based preferences modeling to investigate port initiatives resilience // *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. V. 176. P. 121498.
4. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов (утв. приказом Минтранса России от 01.03.2018 № 75). М.: Стандартинформ, 2018. 218 с.
5. Об утверждении Правил подготовки и принятия решения о создании морского порта: Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2019 № 157. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201902200002> (дата обращения: 05.10.2021).
6. СтО 14649425-0002-2016. Положение о порядке разработки и согласования Ходатайства (Декларации) о намерениях инвестирования в строительство и реконструкцию объектов инфраструктуры морского порта (утв. приказом ФГУП «Росморпорт» от 24.06.2016 № 294). М.: Росморречфлот, 17 с.
7. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102119991> (дата обращения: 05.10.2021).
8. РД 31.31.37-78 (ВНТП 01-78). Нормы технологического проектирования морских портов (утв. Министерством морского флота 30.12.1977 и 25.10.1978). М.: Морфлот, 1980. 121 с.
9. Yu-Chung Tsao, Vu Thuy Linh. Seaport-dry port network design considering multimodal transport and carbon emissions // *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 199. P. 481–492.
10. Yu-Chung Tsao, Vo-Van Thanh. A multi-objective mixed robust possibilistic flexible programming approach for sustainable seaport-dry port network design under an uncertain environment // *Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review*. 2019. V. 124. P. 13–39.
11. Ricci A., Blocken B. On the reliability of the 3D steady RANS approach in predicting microscale wind conditions in seaport areas: The case of the IJmuiden sea lock // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2020. V. 207. P. 104437.
12. Douma A. M., Van Hillegersberg J., Schuur P. C. Design and evaluation of a simulation game to introduce a Multi-Agent system for barge handling in a seaport // *Decision Support Systems*. 2012. V. 53. Iss. 3. P. 465–472.

References

1. Juan Rendon Schneir, Julie Bradford, Ade Ajibulu, Ken Pearson, Konstantinos Konstantinou, Hassan Osman, Gerd Zimmermann. A business case for 5G services in an industrial sea port area. *Telecommunications Policy*, 2021, vol. 46, iss. 3, pp. 102264.
2. Mychal Langenus, Michaël Dooms. Creating an industry-level business model for sustainability: The case of the European ports industry. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 195, pp. 949-962.
3. Ayedh Al-Mutairi, Sharaf Al Kheder, Shaikhah Alzwayid, Dalal Talib, Mariam Bn Heji, James H. Lambert. Scenario-based preferences modeling to investigate port initiatives resilience. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, vol. 176, pp. 121498.
4. СП 350.1326000.2018. *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniia morskikh portov (utv. prikazom Mintransa Rossii ot 01.03.2018 № 75)* [SP 350.1326000.2018. Norms of technological design of seaports (approved by order of the Ministry of Transport of Russia dated March 1, 2018 No. 75)]. Moscow, Standartinform Publ., 2018. 218 p.
5. *Ob utverzhdenii Pravil podgotovki i priniatiia resheniia o sozdanii morskogo porta* [On approval of the Rules for the preparation and adoption of decision on seaport establishment]. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 16.02.2019 № 157*. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201902200002> (accessed: 05.10.2021).
6. *StO 14649425-0002-2016. Polozhenie o poriadke razrabotki i soglasovaniia Khodataistva (Deklaratsii)*
7. *O sostave razdelov projektnoi dokumentatsii i trebovaniakh k ikh soderzhaniiu: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 16.02.2008 № 87* [On composition of the sections of the design documentation and requirements for their content: Decree of the Government of the Russian Federation dated February 16, 2008 No. 87]. Available at: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102119991> (accessed: 05.10.2021).
8. *RD 31.31.37-78 (VNTP 01-78). Normy tekhnologicheskogo proektirovaniia morskikh portov (utv. Ministerstvom morskogo flota 30.12.1977 i 25.10.1978)* [RD 31.31.37-78 (VNTP 01-78). Norms of technological design of seaports (approved by the Ministry of the Navy on 12/30/1977 and 10/25/1978)]. Moscow, Morflot Publ., 1980. 121 p.
9. Yu-Chung Tsao, Vu Thuy Linh. Seaport-dry port network design considering multimodal transport and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 199, pp. 481-492.
10. Yu-Chung Tsao, Vo-Van Thanh. A multi-objective mixed robust possibilistic flexible programming approach

for sustainable seaport-dry port network design under an uncertain environment. *Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review*, 2019, vol. 124, pp. 13-39.

11. Ricci A., Blocken B. On the reliability of the 3D steady RANS approach in predicting microscale wind conditions in seaport areas: The case of the IJmuiden sea lock.

Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2020, vol. 207, pp. 104437.

12. Douma A. M., Van Hillegersberg J., Schuur P. C. Design and evaluation of a simulation game to introduce a Multi-Agent system for barge handling in a seaport. *Decision Support Systems*, 2012, vol. 53, iss. 3, pp. 465-472.

Статья поступила в редакцию 25.02.2022; одобрена после рецензирования 23.03.2022; принята к публикации 06.04.2022
The article was submitted 25.02.2022; approved after reviewing 23.03.2022; accepted for publication 06.04.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Александр Львович Кузнецов – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры портов и грузовых терминалов; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; thunder1950@yandex.ru

Адам Михайлович Сампиев – кандидат экономических наук; директор по производству АО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ»; adam.sampiev@lenmor.ru

Антон Денисович Семенов – аспирант кафедры портов и грузовых терминалов; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; asemyonov054@gmail.com

Александр Викторович Кириченко – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой портов и грузовых терминалов; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; KirichenkoAV@gumrf.ru

Alexander L. Kuznetsov – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Ports and Cargo Terminals; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; thunder1950@yandex.ru

Adam M. Sampiev – Candidate of Economics; Chief Project Engineer, LENMORNIIPROEKT, JSC; adam.sampiev@lenmor.ru

Anton D. Semenov – Postgraduate Student of the Department of Ports and Cargo Terminals; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; asemyonov054@gmail.com

Aleksandr V. Kirichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Ports and Cargo Terminals; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping; KirichenkoAV@gumrf.ru

