

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-157-168

THE DIRECTIONS OF SEAPORT TECHNOLOGICAL RULES DEVELOPMENT

A. L. Kuznetsov¹, A. M. Sampiev², A. D. Semenov¹

¹ — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

² — Lenmorniiroyekt, JSC, St. Petersburg, Russian Federation

The verb “project” in Latin means “throw forward”. In practice, the goal of any project or design is to create an object that does not yet exist with a certain number of features. As far as the physical creation of an object is started only after finishing the design, during this process we deal with 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 and financial parameters of the object. At the same time, 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, are a necessary part of each next step. The variation of requirements to the precision, sustainability and specification of data on different steps of design requires 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. Particularly, 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 brings a conflict with the documental requirements to the calculations. This research is dedicated to the formulation of general rules of mathematical modelling, used as an instrument of sea terminals design on different steps. In order to achieve this goal, the typical steps of design process, which allow matching the consequence of technological design with the utilization of statistical modelling and queueing theory methods, are included in the paper. A new conception of simulation modelling, which allows connecting gnoseological advantages of this approach with universality of traditional methods, is also included. The saving of universality and objective process of consequent adequacy provement of all described models allows us to make a question of utilization of this instrument in general rules and recommendations of sea terminals design.

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

For citation:

Kuznetsov, Aleksandr L., Adam M. Sampiev, and Anton D. Semenov. “The directions of seaport technological rules development.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.2 (2022): 157–168. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-157-168.

УДК 656.615

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ

А. А. Кузнецов¹, А. М. Сампиев², А. Д. Семенов¹

¹ — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — АО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье рассмотрена методика проектирования морских портов. Отмечается, что 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. Ввиду того, что к физическому воплощению объекта переходят лишь после завершения проектирования, в работе исследовано несколько моделей. Подчеркивается, что неодинаковые требования к точности, надежности и детализации данных на разных этапах проектирования требуют использования для их анализа моделей различной сложности и точности. Приведены доказательства того, что 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. Отмечается, что необходимость нормативного регулирования методов проектирования, в свою очередь, приводит к значительному отставанию используемых методов от имеющихся достижений в этой области научного прогресса, что не позволяет повысить точность результатов проектирования. В данном исследовании формируются общие положения математического моделирования, используемого в качестве инструмента на разных этапах процедуры проектирования морских перегрузочных комплексов. С этой целью проводится краткий содержательный анализ типовых этапов этой процедуры, который позволяет сопоставить последовательность этапов технологического проектирования с использованием средств статистического моделирования и теории массового обслуживания. Приведено 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 позволяют 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. Направление совершенствования норм технологического проектирования морских портов / А. Л. Кузнецов, А. М. Сампиев, А. Д. Семенов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 2. — С. 157–168. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-2-157-168.

Введение (Introduction)

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, а именно: назначения и масштаба объекта, национальных особенностей, ведомственной принадлежности и др. В наиболее полном виде данный процесс включает предпроектные проработки, создание проектной и рабочей документации, строительство, ввод в эксплуатацию, а также собственно эксплуатацию объекта. Профиль создаваемого комплекса обуславливает определенные особенности этапов, поэтому в данном исследовании в качестве примера выбран один из наиболее сложных и дорогостоящих объектов — морской контейнерный терминал (рис. 1).

Участниками в процессе создания каждого объекта подобного рода являются: инвестор, заказчик, проектировщик, оператор, разрешительные и надзирающие органы, клиенты и др. Каждая из стадий создания контейнерного терминала предполагает различную степень вовлеченности участников процесса. Координация интересов всех сторон достигается, в частности, посредством определенной системы технико-экономических показателей, которые в ходе рассматриваемой процедуры меняют свою природу (от априорной к апостериорной), точность и степень детализации, как показано на рис. 2.

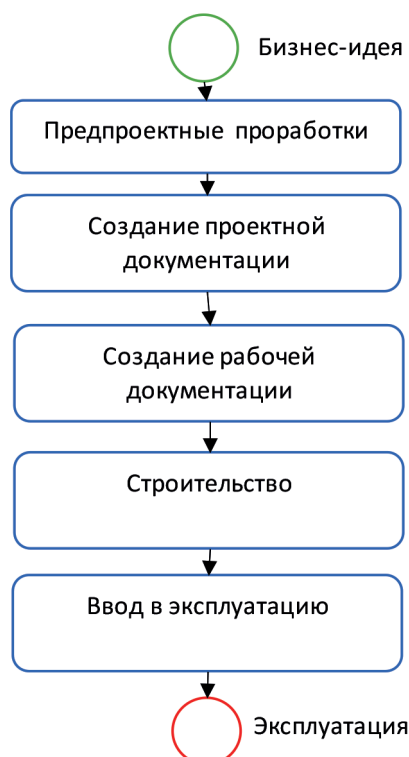


Рис. 1. Стадии создания контейнерного терминала

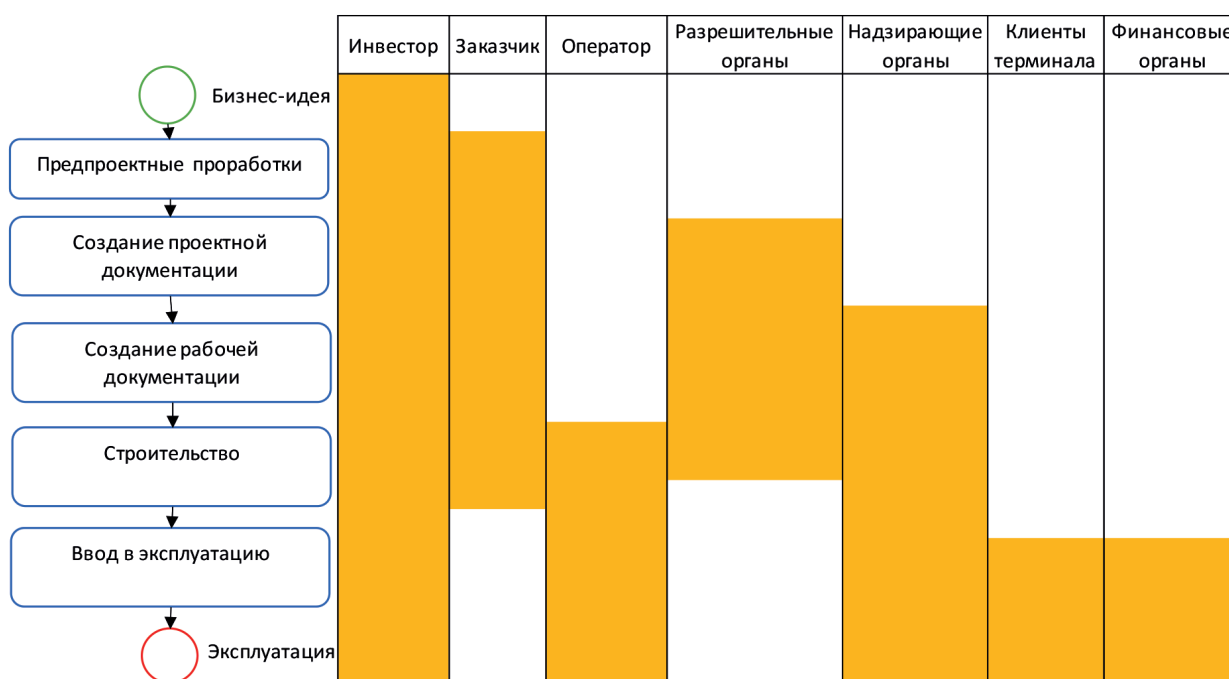


Рис. 2. Степень участия различных сторон в процессе создания и эксплуатации терминала

Эта процедура, 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 и сложности от стадии к стадии делают создание такого базиса сложной задачей с теоретической и практической точек зрения.

Методы и материалы (Methods and materials)

В существующей в настоящее время практике единая процедура развивающегося процесса выполняется как последовательность относительно независимых этапов, связанных обособленными техническими заданиями и опирающихся на методические рекомендации «Норм технологического проектирования морских портов» [4] — рис. 3.

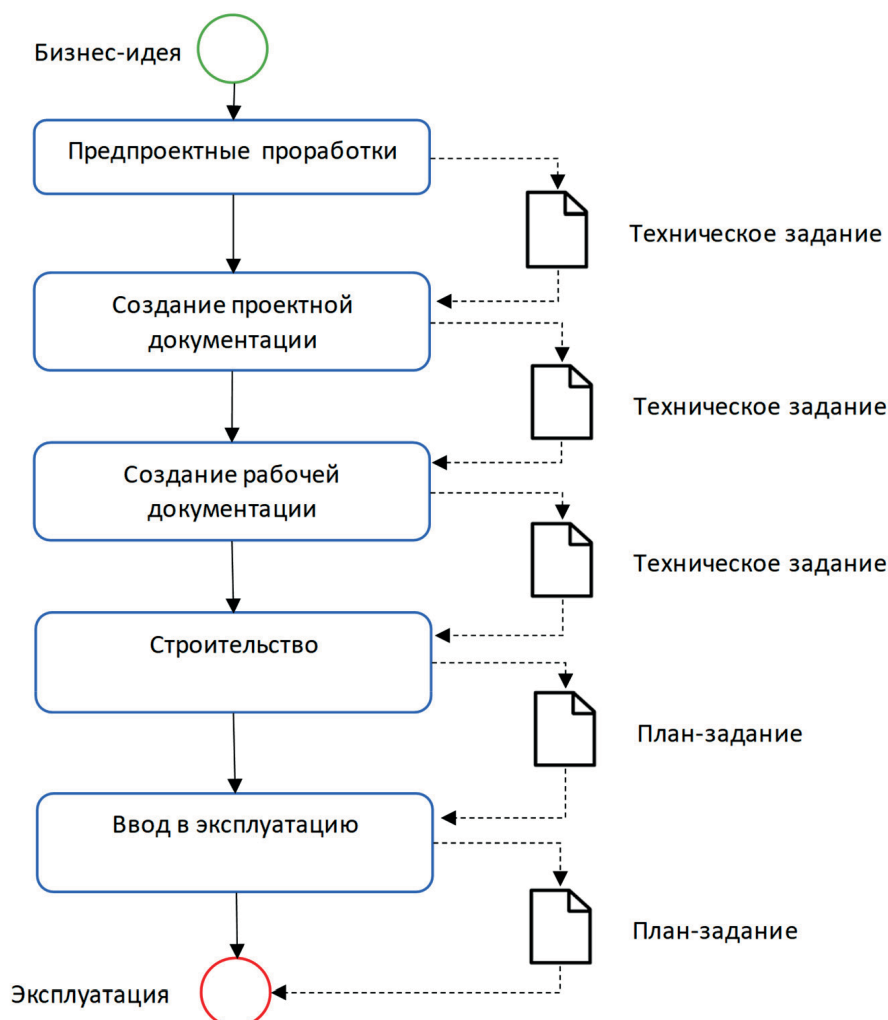


Рис. 3. Создание терминала как практическая последовательность шагов

Процедура проектирования во многих случаях выполняется различными организациями. Насыщенный объем представлений об объекте, сформированных предшествующими участниками, как и подробные отчеты о проведенных работах, не отражают всей полноты картины, поскольку многие важные методические предположения, выполненные в ходе расчетов, а также возможные допущения, рассмотренные и непринятые варианты, частные критерии, а также не выраженные формальными средствами опыт и интуиция отсутствуют в результирующем техническом задании [5]. В то же время указанные факторы могут оказывать критически важное влияние на его успешность.

Появление на поздних стадиях проектирования новых обстоятельств достаточно часто требует внесения изменений в текущий проект. Внесенные с учетом новых внешних требований, 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 допустимой области, принятой 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» — документы, представляющие собой предпроектные проработки. В настоящее время, ввиду отсутствия общеутвержденных регламентных документов, предъявляющих требования к разработке декларации о намерениях, и подготовка проектной документации ведется на основании технического задания инвестора. Более подробно 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» [6].

В соответствии с этим документом в составе декларации необходимо определить количество причалов, складов и перегрузочного оборудования для освоения расчетного грузооборота. Также следует 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» должен содержать также 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 прочих технологических показателей на всех стадиях проектирования являются указанные ранее «Нормы технологического проектирования морских портов» [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, а также влияние коммерческих факторов и положения терминала в цепи поставок делает эти документы в ряде аспектов положений устаревшими. Их использование как при проектировании, так и при проведении экспертиз проектов морских перегрузочных комплексов существенно снижает качество проекта по сравнению с мировыми аналогами.

В Нормам 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. В данном случае 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.

Выполненные надлежащим образом расчеты не могут подвергнуться критике даже при неудовлетворительной эффективности созданного комплекса, в то время как любые отклонения могут быть отнесены на счет непроверенных методов моделирования, использованных проектной организацией. Неудивительно, что в этих условиях проектные и консалтинговые организации предпочитают не заниматься развитием эффективных средств моделирования, сводя их обычно к компьютерным анимациям, используемым для отчетов заказчику по выполненным этапам. В соответствии с источником [8, п. 3.1]: *«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». Указанная задача четко сформулирована и соответствует требованиям времени, однако современные инструменты для ее решения отсутствуют.

Анализ зарубежной отраслевой литературы показывает, что при проектировании сложных транспортно-инфраструктурных систем (например, морской порт – сухой порт [9], [10]) применялись методы теории игр и нелинейной оптимизации. Имитационное моделирование широко используется 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]).

Алгебраические методы расчета технологических показателей по формулам из ранее рассмотренных 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. Такая безапелляционность позиции связана в первую очередь с необходимостью экономии средств инвесторов.

В настоящее время создание новых руководящих документов и сводов правил, не просто легализующих инновационные решения в области технологического проектирования, но и обобщающих опыт лучших мировых и отечественных проектировщиков и помогающих всем заинтересованным участникам создавать эффективные объекты транспортной инфраструктуры, является важнейшей народно-хозяйственной проблемой отраслевой науки. Для решения этой проблемы должен быть использован весь потенциал современной транспортной науки, выполнен тщательный анализ полученных результатов и их сравнение с практикой проектирования, строительства и эксплуатации таких важных и высокотехнологичных объектов, которыми являются современные контейнерные терминалы. Большая капиталоемкость и значение данных объектов для реализации транспортного потенциала страны слишком высоки, чтобы сохранять нормативную базу, не стимулирующую к принятию прогрессивных решений, а тормозящую их 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 в качестве рабочего инструмента 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 составить научно-методическое сопровождение процедуры проектирования.

В предложенной в настоящей работе последовательности этапов проектирования морских портов методы норм технологического проектирования могут использоваться на начальных стадиях, поскольку позволяют быстро получить оценку характеристик проектируемого порта. В то же время некоторые используемые при этом допущения могут приводить к завышению получаемых результатов, что, в свою очередь, обуславливает финансовые потери портовых инвесторов. В связи с этим на последующих стадиях проектирования необходимо использовать более сложные методы расчета.

В данной работе методика получения проектных характеристик порта рассматривается на примере задачи расчета количества причалов. В ее основе 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 дополнен 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 в случае высокой неопределенности или в случае отсутствия информации об объекте. Результатом расчета является вероятность того, что определенного количества причалов достаточно для выполнения

заданного грузопотока. Вероятность в данном случае может пониматься как количественная оценка уверенности в том, что порт с таким количеством причалов может обслужить заданный грузопоток (рис. 4).

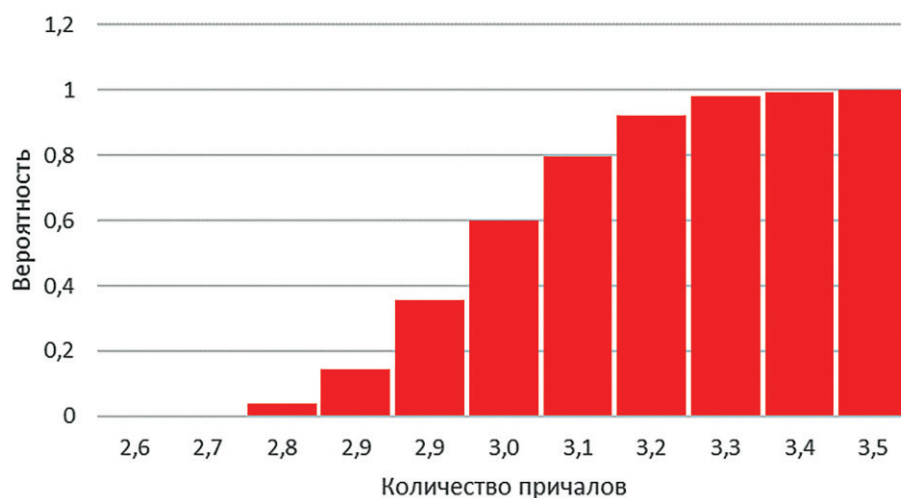


Рис. 4. Результат расчета причалов методом Монте-Карло

На втором этапе выполняется 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 является случайным, распределенным по экспоненциальному закону. Исследование данной задачи с этой точки зрения позволяет получить распределение относительного времени обслуживания судов в порту при разном количестве причалов (рис. 5). При этом под относительным временем обслуживания понимается отношение времени ожидания судном причала к времени обслуживания в порту.

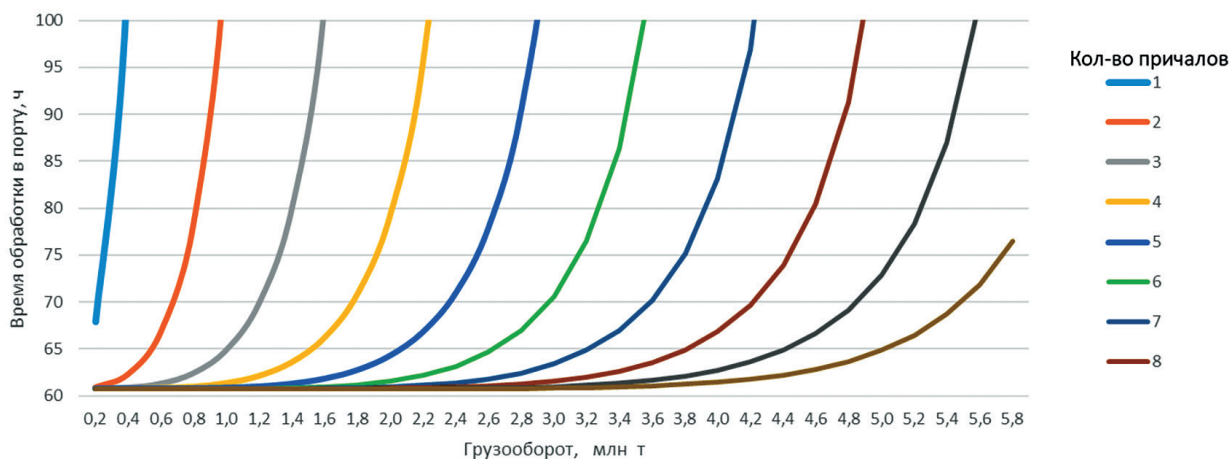


Рис. 5. Результат расчета причалов методами теории массового обслуживания

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 данного исследования рассматривается поступление потока судов с разными характеристиками интервалов между судозаходами на заданное количество причалов морского порта. Время обработки судов в порту распределено по заданному распределению 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).

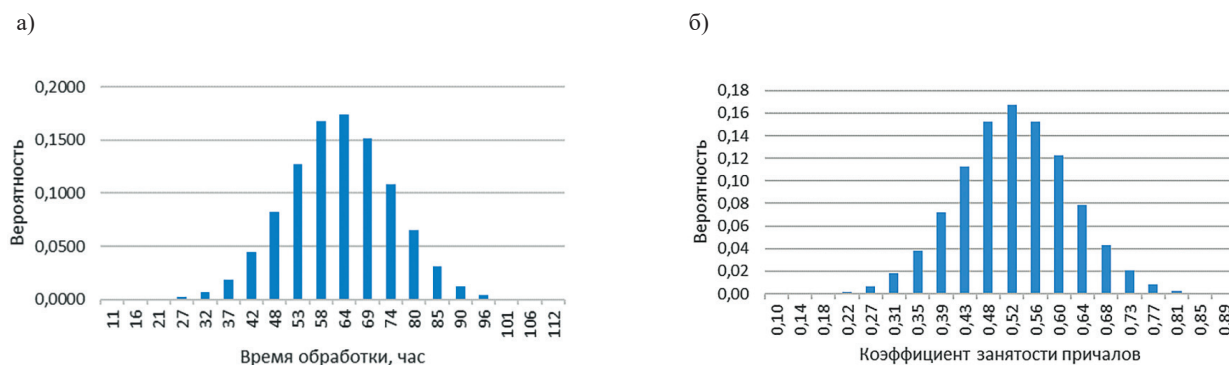


Рис. 6. Распределение времени обработки судов (а) и занятости причалов (б)

На четвертом этапе данная 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. Такой анализ позволяет уточнить результаты моделирования, полученные на предыдущем этапе. Процесс принятия решения о необходимом количестве причалов на основании предложенной методики приведен на рис. 7.



Рис. 7. Методика анализа количества причалов

Предложенный подход позволяет повысить точность оценки параметров проектируемого объекта.

Результаты (Results)

Представленные методы дают разные результаты в различном формате. Однако их можно сравнить, если для методов, использующих случайные величины, рассматривать величины с заданным уровнем уверенности (вероятности). Результаты расчетов характеристик причалов разными методами приведены в таблице.

Сравнение результатов различных методов

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

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

Заключение (Conclusion)

В результате проведенного общего анализа положения глобальной мировой системы торговли выявлена проблема неадекватного 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 высокودинамичной 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 вызывают необходимость разработки новых подходов к технологическому проектированию.

Для решения этой масштабной и комплексной проблемы, указанной в качестве цели настоящей работы, необходимо решить следующие задачи:

- провести подробный системный анализ всех факторов, оказывающих влияние на развитие системы мировой торговли и распределения в прошлом, настоящем и будущем (в краткосрочной и среднесрочной перспективе, совпадающей с рамками государственного планирования РФ);
- выявить устойчивые тенденции совершенствования и развития технологии систем морского и наземного грузораспределения, оказывающие влияние на методики проектирования;
- предложить классификацию, в рамках которой 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, эксплуатирующего это оборудование;

- изучить с позиций новых требований к составу и качеству проектирования существующий инструментарий технологического проектирования объектов контейнерной грузообработки, выявить границы применимости и системную взаимосвязь различных методик;
- разработать рекомендации по использованию существующих методик, последовательности их применения и обеспечения внутренней непротиворечивости во время всей процедуры проектирования;
- разработать, реализовать и доказать валидность новых методов проектирования, совместно с уже существующими формирующих 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 отечественно проектирования контейнерных центров грузообработки;
- доказать адекватность и эффективность всех научных и практических положений, являющихся не только результатами научной работы, но и практическими результатами их применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Schneir J. R.* A business case for 5G services in an industrial sea port area / J. R. Schneir, J. Bradford, A. Ajibulu, K. Pearson, K. Konstantinou, H. Osman, G. Zimmermann // *Telecommunications Policy*. — 2022. — Vol. 46. — Is. 3. — Pp. 102264. DOI: 10.1016/j.telpol.2021.102264.
2. *Langenus M.* Creating an industry-level business model for sustainability: The case of the European ports industry / M. Langenus, M. Dooms // *Journal of Cleaner Production*. — 2018. — Vol. 195. — Pp. 949–962. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.05.150.
3. *Al-Mutairi A.* Scenario-based preferences modeling to investigate port initiatives resilience / A. Al-Mutairi, S. AlKheder, S. Alzwayid, D. Talib, M. B. Heji, J. H. Lambert // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2022. — Vol. 176. — Pp. 121498. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121498.
4. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов. — М.: Стандарт-информ, 2018. — 218 с.
5. Постановление Правительства РФ от 16.02.2019 № 157 «Об утверждении Правил подготовки и принятия решения о создании морского порта» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201902200002> (дата обращения: 01.03.2022).
6. Приказ ФГУП «Росморпорт» от 24.06.2016 № 294 «Об утверждении стандарта организации «Положение о порядке разработки и согласования Ходатайства (Декларации) о намерениях инвестирования в строительство и реконструкцию объектов инфраструктуры морского порта» СтО 14649425–0002–2016» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.rosmorport.ru/media/File/reglament/prikaz_24-06-2016_n294.pdf (дата обращения: 01.03.2022).
7. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 01.12.2021) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/535/> (дата обращения: 01.03.2022).
8. РД 31.31.37–78. Нормы технологического проектирования морских портов. — М.: ЦРИА «Морфлот», 1980. — 122 с.
9. *Tsao Y. C.* Seaport-dry port network design considering multimodal transport and carbon emissions / Y. C. Tsao, V. T. Linh // *Journal of Cleaner Production*. — 2018. — Vol. 199. — Pp. 481–492. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.137.
10. *Tsao Y. C.* A multi-objective mixed robust possibilistic flexible programming approach for sustainable seaport-dry port network design under an uncertain environment / Y. C. Tsao, V. V. Thanh // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. — 2019. — Vol. 124. — Pp. 13–39. DOI: 10.1016/j.tre.2019.02.006.
11. *Ricci A.* On the reliability of the 3D steady RANS approach in predicting microscale wind conditions in seaport areas: The case of the IJmuiden sea lock / A. Ricci, B. Blocken // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. — 2020. — Vol. 207. — Pp. 104437. DOI: 10.1016/j.jweia.2020.104437.
12. *Douma A. M.* Design and evaluation of a simulation game to introduce a multi-agent system for barge handling in a seaport / A. M. Douma, J. van Hilleberg, P. C. Schuur // *Decision support systems*. — 2012. — Vol. 53. — Is. 3. — Pp. 465–472. DOI: 10.1016/j.dss.2012.02.013.

REFERENCES

1. Schneir, Juan Rendon, Julie Bradford, Ade Ajibulu, Ken Pearson, Konstantinos Konstantinou, Hassan Osman, and Gerd Zimmermann. "A business case for 5G services in an industrial sea port area." *Telecommunications Policy* 46.3 (2022): 102264. DOI: 10.1016/j.telpol.2021.102264.
2. Langenus, Mychal, and Michaël Dooms. "Creating an industry-level business model for sustainability: The case of the European ports industry." *Journal of Cleaner Production* 195 (2018): 949–962. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.05.150.
3. Al-Mutairi, Ayedh, Sharaf Al Kheder, Shaikhah Alzwayid, Dalal Talib, Mariam Bn Heji, and James H. Lambert. "Scenario-based preferences modeling to investigate port initiatives resilience." *Technological Forecasting and Social Change* 176 (2022): 121498. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121498.
4. Set of Rules 350.1326000.2018. Norms for technological design of sea ports. M.: Standartinform, 2018.
5. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2019 № 157 «Ob utverzhdenii Pravil podgotovki i prinyatiya resheniya o sozdanii morskogo porta». Web. 1 March 2022 <<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201902200002>>.
6. Prikaz FGUP «Rosmorport» ot 24.06.2016 № 294 «Ob utverzhdenii standartov organizatsii «Polozhenie o poryadke razrabotki i soglasovaniya Khodataistva (Deklaratsii) o namereniyakh investirovaniya v stroitel'stvo i rekonstruktsiyu ob'ektov infrastruktury morskogo porta» StO 14649425–0002–2016». Web. 1 March 2022 <https://www.rosmorport.ru/media/File/reglament/prikaz_24-06-2016_n294.pdf>.
7. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 № 87 (red. ot 01.12.2021) «O sostave razdelov proektnoi dokumentatsii i trebovaniyakh k ikh sodержaniyu». Web. 1 March 2022 <<https://minstroyrf.gov.ru/docs/535/>>.
8. RD 31.31.37–78. Guidelines for Design of Transport Type Wharf Structures on Weak Soils. M.: TsRIA Morflot, 1980.
9. Tsao, Yu-Chung, and Vu Thuy Linh. "Seaport-dry port network design considering multimodal transport and carbon emissions." *Journal of Cleaner Production* 199 (2018): 481–492. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.137.
10. Tsao, Yu-Chung, and 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* 124 (2019): 13–39. DOI: 10.1016/j.tre.2019.02.006.
11. Ricci, A., and B. Blocken. "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* 207 (2020): 104437. DOI: 10.1016/j.jweia.2020.104437.
12. Douma, A. M., Jos van Hillegersberg, and P. C. Schuur. "Design and evaluation of a simulation game to introduce a multi-agent system for barge handling in a seaport." *Decision support systems* 53.3 (2012): 465–472. DOI: 10.1016/j.dss.2012.02.013.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецов Александр Львович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: thunder1950@yandex.ru,
kaf_pgt@gumrf.ru
Сампиев Адам Михайлович —
кандидат экономических наук,
директор по производству
АО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
Межевой канал, д. 3, корп. 2
e-mail: adam.sampiev@lenmor.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kuznetsov, Aleksandr L. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: thunder1950@yandex.ru,
kaf_pgt@gumrf.ru
Sampiev, Adam M. —
PhD,
Chief Project Engineer
Lenmorniiroyekt, JSC
3/2 Mezhevoy channel, St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: adam.sampiev@lenmor.ru

Семенов Антон Денисович — аспирант
Научный руководитель:
Кузнецов Александр Львович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: asemyonov054@gmail.com

Semenov, Anton D. — Postgraduate
Supervisor:
Kuznetsov, Aleksandr L.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: asemyonov054@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10 марта 2022 г.
Received: March 10, 2022.