

родной научно-практической конференции. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2011. – Т. 3. № 4. – С. 4а-6.

5. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)»: утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2001 г. № 848 // Официальный сайт Федерального дорожного агентства министерства транспорта РФ [Электронный ресурс]. URL <http://rosavtodor.ru/information.php?id=190>.

6. Копылова О.А. Развитие региональной транспортно-логистической инфраструктуры // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании, 2012». – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – Т. 1. № 4. – С.42-51.

7. Рахмангулов А.Н., Копылова О.А., Аутов Е.К. Выбор мест для логистических мощностей // Мир транспорта. – 2012. – № 1 (39).–С.84-91.

8. Рахмангулов А.Н., Кайгородцев А.А. Факторы выбора мест размещения логистических распределительных центров // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании, 2012». – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – Т. 1. № 4. – С. 27 – 36.

9. Глемба К.В. Влияние перцептивных процессов пространственного восприятия участников дорожного движения на их безопасность // Вестник ЧГАА. – 2012. – Т. 62. – С. 26-31.

УДК 656.615: 001.891.57

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОРСКИХ ПОРТОВ И ОБОСНОВАНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ СООРУЖЕНИЯ «СУХОГО» ПОРТА**

*Муравьев Д.С., Мишкuroв П.Н., Рахмангулов А.Н.*

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»,*

*455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38*

*кафедра «Промышленный транспорт», mura15@inbox.ru*

### **Аннотация**

В статье рассмотрены особенности описания технологии работы морского порта в системе имитационного моделирования AnyLogic. Показаны направления использования построенной имитационной модели для определения ограничений по величине пропускной и перерабатывающей способностей морского порта, обоснования необходимости создания «сухого» порта и выбора его основных параметров.

**Ключевые слова:** морской порт, «сухой» порт, имитационное моделирование.

## **USING SIMULATION PROCESS FOR EVALUATING THE ABILITY OF SEA PORTS AND NECESSARY FACILITIES STUDY «DRY» PORT**

*Muravev D., Mishkurov P., Rakhmangulov A.*

*Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov*

### **Abstract**

In the article features a description of technology of the seaport in the construction of simulation models AnyLogic. Showing the direction of use of a simulation model to determine the value of the capacity constraints and processing capabilities seaport, the rationale for the creation of "dry" port and the choice of its basic parameters.

**Key words:** sea port, «dry» port, simulation models.

Анализ параметров работы крупных морских портов России [1] показывает, что их возможности по дальнейшему наращиванию объемов перевозок практически исчерпаны. В основном это обусловлено расположением морских портов в пределах населенных пунктов, а также отсутствием перспектив расширения их территорий с целью создания терминалов для хранения и переработки грузопотоков [2]. Недостаток перерабатывающих мощностей и вместимостей морских портов приводит к значительным потерям – среднее время простоя контейнера в крупных морских портах РФ составляет 5-7 дней. Строительство «сухих» портов вблизи морских позволит увеличить их суммарную грузопереработку с минимальными затратами на реконструкцию.

В настоящее время в России система «сухих» портов находятся на стадии развития. За последние три года в России было построено 5 «сухих» портов. Недостаток научно-методической базы выбора и расчета основных параметров «сухих» портов может приводить к возникновению излишних капитальных и эксплуатационных затрат и, как следствие, к увеличению себестоимости грузопереработки в системе морской порт – «сухой» порт.

Так как «сухой» является перегрузочным транспортно-грузовым комплексом, для выбора его месторасположения предлагается использовать методы, применяемые для транспортно-грузовых комплексов. В работе [4] были проанализированы преимущества и недостатки основных методов выбора месторасположения транспортно-грузовых комплексов применительно к «сухим» портам. Анализ данных методов позволяет сделать вывод о наибольшей эффективности и гибкости метода имитационного моделирования не только для выбора места размещения «сухого»

порта, для решения задачи расчета параметров «сухого» порта, но и для расчета его основных параметров.

Решение задачи определения основных параметров «сухого» порта, а также необходимости его создания при помощи имитационной модели предлагается решать в два этапа. На первом этапе определяются максимальные значения пропускной и перерабатывающей способностей существующего морского порта, при которых обеспечиваются заданные объем и качество (своевременность) грузовых перевозок. На втором этапе определяются основные параметры «сухого» порта, при которых достигаются заданные параметры грузопотоков с учетом прогноза увеличения их интенсивности.

Построение имитационной модели на примере морского порта г. Таганрог осуществлялось с использованием программной системы AnyLogic. Морской порт г. Таганрог перерабатывает различные грузопотоки – контейнеры, металлические изделия, уголь, руда и мазут и др. Продолжительность транспортно-грузовых операций задавалась в модели в соответствии с нормативными значениями. Случайные отклонения продолжительности выполнения различных технологических операций и интенсивности грузопотоков задавались законами распределения случайных величин. Модель состоит из трех «поточковых диаграмм», имитирующих технологические цепочки обработки определенных грузов.

Особенностью технологии работы морского порта является относительная обособленность технологических цепочек обработки различных грузопотоков. Это означает, что для выполнения погрузочно-разгрузочных работ по разным грузопотокам используются различные причалы, погрузо-разгрузочные и транспортные средства (рис. 1).

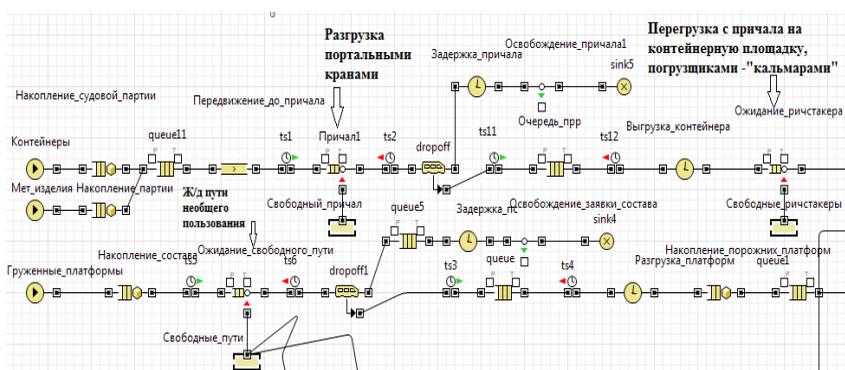


Рис. 1. Фрагмент потоковой диаграммы имитационной модели работы морского порта в системе AnyLogic

Задержки грузовых и транспортных потоков в таких цепочках воз-

никают из-за нехватки ресурсов, к которым отнесены: причалы; погрузо-разгрузочные устройства (ричстакеры для контейнеров); порожние вагоны; свободные приемо-отправочные пути на припортовой станции. Порожние вагоны и железнодорожные пути являются общими ресурсами для различных технологических цепочек. Железнодорожная станция моделируется в форме «запаса» приемо-отправочных путей, используемых для обработки поездов и подач с различными грузами [5,7]. Процесс погрузки контейнеров на платформы происходит путем «слиянием» двух заявок – контейнера и платформы в объекте «Combine» (рис.2). В результате формируется новая заявка, моделирующая груженный вагон.

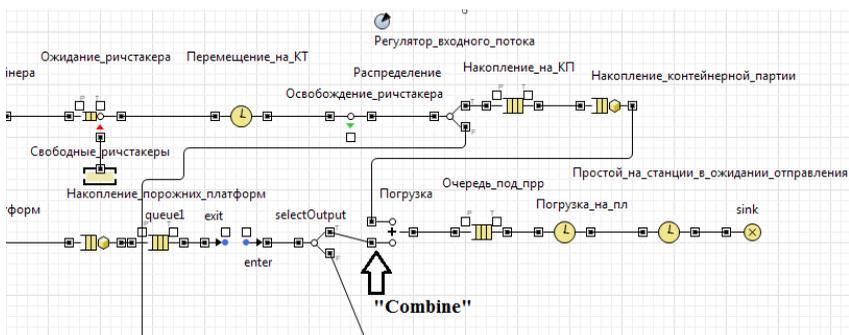


Рис. 2. Фрагмент потоковой диаграммы AnyLogic, имитирующей погрузку контейнеров на железнодорожную платформу

Для определения среднего времени простоя контейнеров под разгрузкой на причал и средней длины очереди контейнеров используются взаимосвязанные объекты модели: «TimeMeasureStart» – запоминает момент времени поступления заявки в определенную точку потоковой диаграммы; «TimeMeasureEnd» – вычисляет для каждой поступившей в него заявки разность между текущим моментом времени и моментом, сохраненным в объекте «TimeMeasureStart». По результатам сбора статистических данных о времени нахождения каждой грузовой единицы в модели строятся гистограммы и рассчитываются статистические характеристики (рис. 3).

Представленная схема имитационной модели позволяет оценить пропускную, перерабатывающую способности и вместимость отдельных устройств порта путем проведения серий экспериментов с различными значениями интенсивности и неравномерности грузо- и вагонопотоков.

Описанный уровень детализации технологии работы морского порта в модели является достаточным для оценки предельных пропускных, перерабатывающих способностей и вместимости его устройств, а также решения задачи определения основных параметров «сухого» пор-

та, при которых обеспечивается переработка грузопотоков определенной интенсивности и неравномерности с заданными показателями своевременности грузовых перевозок.



Рис. 3. Результаты измерения продолжительности обработки контейнеров в имитационной модели

С построенной моделью были проведены эксперименты по оценке среднего времени простоя судов в порту в зависимости от интенсивности прибытия судов для различных значений неравномерности потока прибывающих в порт судов [7]. Интенсивность прибытия судов в порт задавалась нормальным законом распределения интервала времени между моментами прибытия судов в порт. Для исключения отрицательных значений интервала времени, возможного при использовании нормального закона распределения случайной величины, в модели был использован механизм проверки сгенерированного значения интервала на отрицательность.

В процессе моделирования для каждой пары «интервал времени между моментами прибытия судна в порт – коэффициент неравномерности (Кн) этого интервала» проводилось пятнадцать прогонов модели с продолжительностью моделируемого периода, равного одному месяцу. Результаты усреднения данных, полученных в модельных экспериментах, представлены на рис. 4, 5.

Анализ полученных результатов моделирования показал, что сооружение «сухого» порта позволяет сократить среднее время простоя судов в рейде в полтора раза, тем самым снизить себестоимость переработки контейнера, увеличить пропускную и перерабатывающую способность причала и отдельных погрузо-разгрузочных и транспортных средств.

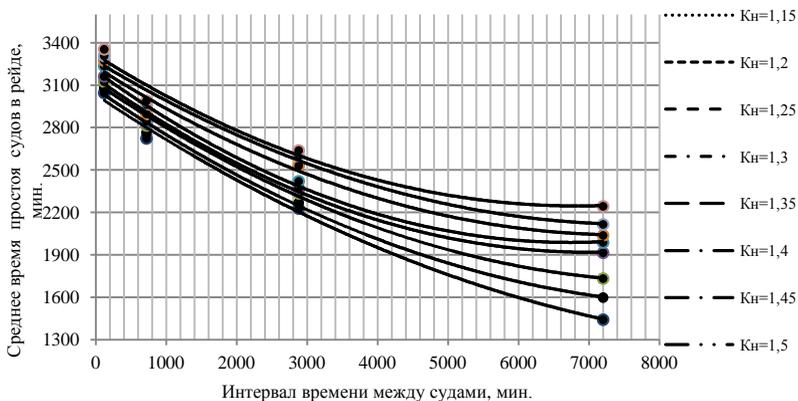


Рис. 4. Номограмма изменения среднего времени простоя судов в порту при различных значениях интенсивности прибытия судов в порт

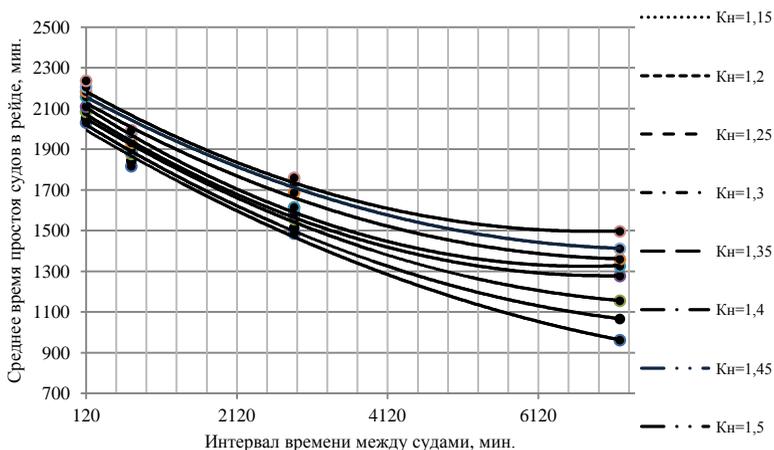


Рис. 5. Номограмма изменения среднего времени простоя судов в порту после внедрение «сухого» порта

Развитие разработанной имитационной модели морского и «сухого» порта предполагает детализацию технологии «сухого» порта для проведения экспериментов при различных параметрах этого порта. В результате экспериментов с моделью «морской порт – «сухой» порт» планируется получить оптимальные значения основных параметров «сухого» порта – его месторасположения [6], вместимости и технической оснащенности, обеспечивающих максимальное качество (своевременность) перевозок [8,9], при заданных затратах.

### **Библиографический список**

1. Муравьев Д.С., Рахмангулов А.Н. Выбор метода расчета основных параметров «сухого» порта // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012». – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – Т. 1. № 4. – С.51-54.

2. Муравьев Д.С., Рахмангулов А.Н. Выбор и расчет основных параметров «сухого» порта // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. – № 2. – С.54-59.

3. Муравьев Д.С., Рахмангулов А.Н. Выбор и расчет основных параметров «сухого» порта // Логистика и экономика ресурсоэнергосбережения в промышленности (МНК «ЛЭРЭП-6-2012»): межд. сб. науч. тр. / под ред. А.А.Большакова. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та им. Ю.А.Гагарина, 2012. – С. 35-38.

4. Копылова О. А., Рахмангулов А.Н. Применение метода системной динамики для исследования факторов размещения элементов транспортно-логистической инфраструктуры // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. – № 2. – С.92-97.

5. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Управление вагонопотоками в промышленных транспортных системах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – №1. –С. 16-20.

6. Копылова О.А., Рахмангулов А.Н. Проблемы выбора места размещения логистических центров // // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. – № 1. – С.58-67.

7. Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В., Корнилов С.Н. Управление транспортными системами. Теоретические основы. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2001. – 191 с.

8. Транспортная логистика: учеб. пособие / С.Е. Гавришев, Е.П. Дудкин, С.Н. Корнилов [и др.]. – СПб: ПГУПС, 2003. – 279 с.

9. Транспортная логистика: учеб. пособие / А.Н. Рахмангулов, С.В. Трофимов, С.Е. Гавришев [и др.]. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2000. – 372 с.