

гии и эффективного использования топлива. Поэтому целесообразно внедрять дополнительные инструменты мониторинга и анализа работы, в частности, SHIP PERFORMANCE REPORT. На судах А-класса целесообразно внедрение систем KSP (KumaShipPerformance). Это система по измерению производительности морского флота, данные которой позволяют судовладельцам определять точный расход топлива и количество возможных выбросов в окружающую среду [<https://kuma.no/ship-performance/>]. Еще одна инновация в области энергоэффективности судоходства – система HullPerformanceSolutions, созданная компанией Jotun и основанная на использовании современных технологий покрытия корпуса судна [6].

Последовательное внедрение предлагаемых мероприятий позволит повысить эффективность управления флотом Группы «Новошип» и обеспечить стабильные показатели его работы в перспективе.

#### Литература

1. Васильева, Л.В. Анализ методических подходов к построению интегральных экономических показателей // Экономические исследования и разработки. – 2017. – №12 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://edrj.ru/article/18-12-17> (дата обращения: 01.09.2020).
2. Макарова, И.Л. Анализ методов определения весовых коэффициентов в интегральном показателе общественного здоровья // Международный научный журнал «Символ Науки». – 2015. – №7. – С.87-94.
3. Китов, А.Г. Проблемы оперативного управления и планирования работы флота в современных судоходных компаниях // Transport businessin Russia. – 2017. – №3. – С.86-87.

4. Зачесов, В.П. Текущее и оперативное планирование работы флота в рыночных условиях // Transport businessin Russia. – 2017. – №1. – С. 143-144.
5. Прокофьев, В.А. Обоснование применения когнитивного подхода к управлению морским судоходством // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. 9. – № 3. – С. 516-523.
6. Система Hull Performance Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.jotun.com/> (дата обращения: 01.09.2020).

#### References

1. Vasilyeva, L.V. Analysis of methodological approaches to the construction of integral economic indicators // Economic research and development. - 2017. - No. 12 [Electronic resource]. Access mode: <http://edrj.ru/article/18-12-17> (date of access: 01.09.2020).
2. Makarova, I.L. Analysis of methods for determining weight coefficients in the integral indicator of public health // International scientific journal "Symbol of Science". - 2015. - No. 7. - S.87-94.
3. Kitov, A.G. Problems of operational management and planning of the fleet in modern shipping companies // Transport business in Russia. - 2017. - No. 3. - S.86-87.
4. Zachesov, V.P. Current and operational planning of the fleet in market conditions // Transport business in Russia. - 2017. - No. 1. - S. 143-144.
5. Prokofiev, V.A. Substantiation of the application of the cognitive approach to the management of maritime navigation // Bulletin of the State University of Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov. - 2017. - T. 9. - No. 3. - P. 516-523.
6. 51. System Hull Performance Solutions [Electronic resource]. Access mode: <https://www.jotun.com/> (date of access: 01.09.2020).

УДК 656.07

DOI: 10.34046/aumsuomt96/5

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*А.С. Погарская, кандидат экономических наук, доцент*

Актуальность данной темы исследования обуславливается необходимостью принятия своевременных и эффективных управленческих решений, связанных с обслуживанием транспортных средств в транспортных узлах особенно в ситуациях возникновения сбоев в работе перегрузочного оборудования и появляющихся задержках обработки грузовых потоков. Принятие управленческих решений, направленных на оптимизацию транспортных процессов внутри системы и сокращение затрат, представляется возможным осуществить путем применения имитационной модели, которая должна быть основана на достоверной и своевременно получаемой информации, а также специальном алгоритме ее систематизации и обработки.

**Ключевые слова:** транспортные системы, имитационная модель, теория массового обслуживания, транспортный узел, получение достоверной информации.

The relevance of this research topic is determined by the need to make timely and effective management decisions related to the maintenance of vehicles in transport hubs, especially in situations of failures in the operation of transshipment equipment and delays in processing cargo flows. It is possible to make management decisions aimed at optimizing transport processes within the system and reducing costs by using a simulation model, which should be based on reliable and timely information received, as well as a special algorithm for its systematization and processing.

**Key words:** transport systems, simulation model, Queuing theory, transport hub, getting reliable information.

Как известно, Российская Федерация является самым большим государством в мире, расстояние между крайними географическими точками которого составляет более восьми тысяч километров. В связи с этим, можно со всей уверенностью утверждать, что транспорт играет важнейшую роль, с точки зрения, перемещения грузов, перевозки пассажиров и доставка корреспонденции.

Следует сказать, что транспортная схема России в настоящее время выступает одной из са-

мых крупных и сложных, включая в себя множество связей различного характера, основанных на специальных технических средствах, проложенных путях сообщения и налаженной службе перевозок.

Говоря о транспортной системе России выделяют ряд характерных особенностей, которые для большей наглядности можно представить в виде рисунка 1.



Рисунок 1–Характерные особенности транспортной системы России

Таким образом, из представленного рисунка видно, что транспортной системы России свойственны те черты, которые на прямую связаны с крупной территорией и географическими особенностями.

Наряду с этим, следует сказать, что большие расстояния и специфические климатические условия обуславливают выполнение значительной части грузоперевозок с помощью железнодорожного и трубопроводного транспорта.

В свою очередь, высокоразвитая инфраструктура, включает в свой состав следующие основные элементы [3]:

- 1) автомобильные дороги, железнодорожные пути, линии авиасообщений, магистрали трубопроводов, судоходные речные, озёрные и морские трассы;
- 2) обрабатывающие терминалы;
- 3) непосредственно транспортные средств;
- 4) население, которое одновременно выступает как организатор, так и участник пассажиропотока и процесса перевозки грузов.

Одновременно с этим, необходимо подчеркнуть, что для современной транспортной системы характерна пониженная транспортная подвижность населения, которая связана с труднодоступностью целого ряда населенных территорий.

Следовательно, эффективное функционирование транспортной системы обеспечивает экономическую целостность всего государства путем развития взаимосвязи всех регионов на разных уровнях.

В свою очередь, о значительной важности этой отрасли для экономики страны в целом свидетельствуют и статистические показатели за 2019 год[4]. Согласно официальным данным, общий объём грузоперевозок достиг за предыдущий год 5669,1 млрд. т-км.

При этом силами российских авиакомпаний были обслужены более 128 млн. пассажиров, на что приходится почти третья часть пассажиропотока, общенациональный объём которого по приблизительным оценкам составил 1 трлн. пассажиро-километров.

Наряду с этим, за отчетный период наблюдается некоторое снижение численности пассажиров на железнодорожном, автобусном и речном видах транспорта, что обусловлено значительным увеличением количества личных транспортных средств.

Нельзя не сказать, что в недалеком будущем ожидается увеличение количества не только личных автомобилей, но и средств воздушного передвижения, что является общей тенденцией для многих государств.

Таким образом, можно заключить, что транспорт служит основой существования сферы обращения, поддерживая непрерывную связь между производителями, лицами, оказывающими услуги и потребителями.

Наряду с этим, транспорт дает возможность организовывать международные связи, что способствует развитию экономических и торговых отношений с другими государствами, а также позволяет оказывать гуманитарную помощь в том случае, если на территории других государств возникают чрезвычайные ситуации.

В связи с этим, вопрос правильной организации оценки эффективности транспортной системы, в основе которой должно лежать корректное планирования работы всех структурных элементов, является одним из основных, так как от этого будет зависеть дальнейший вектор развития всей системы.

В настоящее время можно выделить такой эффективный инструмент оценки транспортной системы как имитационное моделирование, которое представляет собой разновидность математического моделирования, включающего описание определенной модели, сформированной в виде поведенческих алгоритмов и установленной взаимосвязи между выделенными элементами и смоделированной системы [2].

Суть данного подхода заключается в использовании алгоритмов, которые позволяют произвести имитирование поведения, с одной

стороны, элементов рассматриваемой системы и, с другой стороны, всей системы в целом, в следствие чего, появляется возможность определить необходимые параметры функционирования.

В свою очередь, по своему характеру имитационное моделирование подразделяется на детерминированное или стохастическое, статическое или динамическое.

Стоит сказать, что в стохастических статических моделях значения исходных параметров, связанных с вероятностью наступления каких-либо событий, формируются с помощью специальных датчиков, выдающих случайные числа [2].

На основании этого определяются значения других параметров, которые выстроены в зависимости от задаваемых функций. Следовательно, многократная прогонка модели дает возможность сформировать статистику по параметрам рассматриваемой модели, на основании чего определяются их статистические характеристики.

В свою очередь, динамические модели позволяют проработать вероятности поведения рассматриваемой системы с точки зрения изменений в течении заданных временных отрезков, что дает возможность осуществлять планирование и прогнозирование работы в будущем.

Говоря о динамических моделях, следует уточнить понятие таких используемых терминов как событие, процесс, активность, взаимодействие которых для большей наглядности представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Взаимодействие событий и активностей в рамках процесса

Из представленного рисунка видно, что процесс складывается из совокупности последовательно начинающихся в течение определенного времени активностей, которые, в свою очередь, образуют череду последовательно наступающих событий в рамках этого же процесса.

Таким образом, под процессом понимается установленная последовательность активностей, которые логически или технологически связаны между собой одной конечной целью.

Следовательно, само понятие активности подразумевает под собой осуществление элементарной работы по переносу всей системы из одного состояния в другое. Как видно из проиллюстрированного графика, начало и завершение каждой активности обусловлено наступлением события.

В свою очередь, под событием понимается мгновенное изменение состояния системы, в связи с чем, модель остается неизменной в промежутках между двумя событиями.

Безусловно, формирование корректных результатов имитационного моделирования требует надлежащего уровня анализа, который в динамических моделях выстроен на основании пяти ключевых концепций, имеющих различные подходы

к систематизации полученных данных. Для большей наглядности их основное содержание проиллюстрировано на рисунке 3.



Рисунок 3 – Концепции описания имитационных динамических моделей

Из представленного рисунка видно, что при описании имитационной динамической модели выделяют пять ключевых подходов, которые целесообразно рассмотреть более подробно.

Такой подход как просмотр активностей нацелен на выявление реакции системы на поступление каких-либо команд, а также появление потребности в информационных и иных ресурсах. Стоит сказать, что в данном случае характеристика активности производится по времени выполнения и количеству потребляемых ресурсов.

В свою очередь, каждый элемент рассматриваемой системы обладает установленным набором активностей, которые должны срабатывать как реакция при наступлении определенных воздействий.

Таким образом, при просмотре активностей формируется полная картина функционирования всей системы, а также выявляются выполняемые показатели и потребности в необходимых ресурсах. Можно сказать, что данный подход по своей сути схож с объектно-ориентированным [2].

Следующая концепция сводится к реализации событий, которые представляют собой переход какого-либо отдельного элемента или системы в целом из одного состояния в другое. Характеристика событий основывается на рассмотрении условий возникновения и допустимых ре-

акций отдельных элементов или системы соответственно. Стоит отметить, что возникновение событий происходит в системе по определенным законам и вызывают в качестве реакции выполнение в ней различных процессов.

Говоря об обслуживании транзактов, в первую очередь, следует уточнить понятие данного термина. Под транзактами понимаются абстрактные понятия существующих элементов моделируемой системы, которые могут отражать как реальные объекты, так и объекты, которые были введены в рассматриваемую модель, для выполнения каких-либо действий.

Стоит сказать, что каждый тип транзакта имеет свою логическую схему операций, которая определяет условную или безусловную последовательность выполняемых с данным транзактом операций. Подобная схема еще именуется сегментом.

При этом выполняемая операция может быть охарактеризована детерминированным или стохастическим временем. Следовательно, выявляемые состояния транзакта определяются связанными с ним операциями.

Если говорить об управлении агрегатами, то важно сказать, что полученный набор агрегатов демонстрирует поведение входящих в состав системы элементов, а также отражает их взаимодействие внутри системы.

Такой рассматриваемый подход как выполнение процессов можно охарактеризовать длительностью течения самого процесса, а также получаемым результатом, ресурсами, условиями запуска и имеющимися остановками. Наряду с этим, рассматриваемый процесс может быть активен, то есть находиться в состоянии выполнения в данной системе или может пребывать в состоянии ожидания.

Стоит сказать, что описанию одним из рассмотренных методов может подвергаться почти любая анализируемая система. В свою очередь, трудоемкость осуществляемого моделирования во многом зависит от особенностей самой системы, что напрямую влияет на временные затраты и объем модели, которая должна быть сформирована по результату процесса [2].

В связи с тем, что время является важнейшим параметром осуществления любого процесса, стоит сказать, что при имитационном моделировании фундаментальное значение имеет модельное время и управление им, при этом временная составляющая может рассматриваться с разных сторон.

С одной стороны, рассматривается понятие модельного времени, которое представляет собой физическое время модели. Так, работу рассматриваемой системы в модельном времени можно представить отрезком времени от 10 до 20 ч, а за единицу модельного времени можно принять временной интервал в 10 мин, 20 мин и т. д.

С другой стороны, выделяется понятие процессорного времени, которое подразумевает продолжительность работы модели при ее прогоне на компьютерах. В свою очередь, если речь идет об использовании тренажеров, то продолжение модельного времени должно быть синхронизировано с процессорным, что называется моделированием в реальном времени.

С целью управления модельным временем в моделях используются специальные счетчики модельного времени, называемыми таймерами, которыми на практике могут управлять двумя способами.

При управлении по способу фиксированного шага таймер увеличивает значение с постоянным временным интервалом. При каждом пошаговом переходе проверяется наступление события в системе. Если по результатам проверки удалось выявить наступление события, то срабатывает установленный алгоритм и в модели выполняются соответствующие действия, после чего таймер выполняет следующий шаг. В том

случае, если наступление события не было выявлено, таймер продолжает отсчитывать шаги до его наступления.

Второй способ управления модельным временем заключается в том, что таймер меняет значение модельного времени только в моменты наступления событий. Таким образом, процесс моделирования связан с наступлением событий и производится от одного к другому, что обусловило большее распространение, так как данный подход позволяет повысить скорость процесса моделирования.

На основании проведенного изучения порядка разработки имитационной модели можно выделить ряд основных этапов ее работы, что наглядно представлено на рисунке 4.

Из представленного рисунка видно, что на первоначальном этапе производится формулировка основной цели и постановка ключевых задач, именно на этом этапе формируется ориентир для дальнейшего создания модели. Далее на основании этого определяются основные элементы системы, а также устанавливаются имеющие взаимосвязи.

Следующим этапом производится подготовка исходных данных и, одновременно с этим, ожидаемых результатов, чтобы модель могла быть верифицирована в дальнейшем. Безусловно, следующим шагом осуществляется создание самой модели в виде компьютерной программы и обязательно определяется количество необходимых прогонов.

После этого приступают к непосредственному проведению моделирования, на основании чего проводят анализ получаемых результатов и вырабатывают подходы к реализации рассматриваемой системы.

Стоит сказать, что при имитационном моделировании используется различная математическая основа, к которым могут относиться марковские процессы, дифференциальные уравнения, конечные и вероятностные автоматы и т. д.

В свою очередь, если говорить о транспортных процессах, то имитационные модели строятся на основе теории массового обслуживания. При этом впервые о теории массового обслуживания говорилось в трудах датского ученого Эрланга А.К[1].

Изначально данная модель прогнозирования работы была рассмотрена на примере проектирования телефонных сетей, так как сам автор являлся сотрудником копенгагенской телефонной компании и еще в 1909 году опубликовал свою ра-

боту, которая так и называлась «Теория вероятностей и телефонные переговоры», в которой было

отражено решение ряда задач по теории системы массового обслуживания с отказами.



Рисунок 4 –Этапы разработки имитационной модели

В свою очередь, значительный вклад в создание и разработку рассматриваемой теории внес и советский математик Хинчин А.Я., в своих работах он сформулировал сам термин «теория массового обслуживания». Стоит сказать, что в зарубежных источниках под исследуемым понятием чаще встречается название «теория очередей» [5].

Необходимо пояснить, что теория массового обслуживания нацелена на решение задач, связанных с организацией и планированием процессов, которые, с одной стороны, с постоянной регулярностью сталкиваются в случайные моменты времени с требованием выполнения каких-либо работ.

С другой стороны, в анализируемых процессах постоянно происходит удовлетворение возникающих требований, при этом время их выполнения является тоже случайной величиной.

Таким образом, перед данной теорией стоит ключевая задача, заключающиеся в достаточно полном описании сути происходящих явлений и установлении количественной связи между числом постов обслуживания, характеристиками

входящего потока требований и качеством обслуживания, что должно осуществляться с достаточной точностью, с точки зрения практического применения.

В свою очередь, стоит уточнить, что само понятие качества обслуживания сводится к уровню своевременности проведения обслуживания требований, которые регулярно поступают в рассматриваемую систему.

Стоит сказать, что теория массового обслуживания, которую еще называют теорией очередей относится к разделу теории вероятностей, основной целью которой является выбор наиболее рациональной структуры и процессов обслуживания, основанной на изучении потоков требований на обслуживание. При этом предполагается, что потоки требований подразделяются на поступающие и выходящие, в связи с этим, выделяются понятия длительности ожидания и длины очереди.

Необходимо подчеркнуть, что основными структурными элементами системы массового обслуживания выступают заявки и каналы обслужива-

живания. Под заявкой на обслуживание понимают кого или что-либо, что нуждается в обслуживании.

В свою очередь, в связи с тем, что поступающие заявки на обслуживание носят массовый характер, то их совокупность образует потоки, которые в зависимости от этапа нахождения в системе подразделяются на три вида.

В частности, к входящим потокам будут относиться те, которые еще не подверглись операциям обслуживания, в свою очередь, в момент нахождения в ожидании обслуживания внутри системы потоки образуют поток обслуживания в каналах. Следовательно, выходящий поток заявок образуется после завершения обслуживания и выхода из системы.

Таким образом, стоит сказать, что теория массового обслуживания по большей части нацелена на определенные сферы деятельности, которые связаны с предоставлением каких-либо услуг, а также могут распространяться на отдельные области обработки и производства.

Следовательно, рассматриваемая система применяется в целях решения различных задач, что обусловлено существованием многих типов систем обслуживания, которые связаны со случайно появляющимися требованиями обслуживания.

Стоит сказать, что в области финансово-экономического обслуживания в качестве примеров можно привести такие системы как банки, страховые организации, налоговые инспекции, аудиторские службы. Обслуживание в которых, безусловно, связано с поступлением случайных требований обслуживания.

В свою очередь, если говорить о сфере производства и обслуживания, то к основным областям применения теории массового обслуживания можно отнести следующие [5]:

- 1) различные системы связи (в том числе телефонные станции);
- 2) погрузочно-разгрузочные комплексы (порты, товарные станции);
- 3) АЗС;
- 4) магазины;
- 5) парикмахерские;
- 6) билетные кассы;
- 7) пункты обмена валюты;
- 8) ремонтные мастерские;
- 9) больницы (прием пациентов в клиниках);
- 10) регулирование переключения светофоров.

На первый взгляд, может показаться, что системы различны по своей специфике деятельности, но данный подход вполне применим к каждой из них, так как несмотря на существующие

различия, все они сталкиваются со следующей ситуацией: «требование» поступает в «счетчик», фиксирующий его приход, и требует обслуживания.

В том случае, если обслуживающий прибор занят другим требованием, то вновь прибывшее требование должно находиться в состоянии ожидания освобождения, либо уходить, то есть «теряться». Стоит учитывать, что одновременно на обслуживание в систему могут поступать и другие требования.

Следовательно, очередь или линия ожидания образуется в рассматриваемой системе в том случае, когда поступление требования происходит в момент, когда прибор по обслуживанию занят. Необходимо уточнить, что термины «требования», «счетчик» и «прибор» употребляются при описании данной системы в их самом общем смысле, так как в различных сферах деятельности, используемая терминология может быть охарактеризована более частными признаками.

Из всего вышеописанного можно сделать вывод, что теория массового обслуживания как основа имитационного моделирования может в полной мере использоваться при управлении работой транспортных систем. В частности, если рассматривать пример морского порта, то в данной ситуационной задаче «счетчиком» называется портовая станция, «требование» – поступающее требование погрузо-разгрузочных работ, а «обслуживающий прибор» – склад хранения или необходимое оборудование.

Говоря об имитационном моделировании транспортных систем, в первую очередь, необходимо понимать, что в более детальном представлении речь идет о моделировании работы транспортного узла, который требует учета особенностей процесса перевозки, уровня оснащения техническими устройствами и средствами контроля и управления.

В связи с этим, рассматривая работу транспортного узла необходимо учитывать ряд существующих особенностей:

- 1) необходимость ускорения процесса доставки грузов;
- 2) существующие сложности функционирования процессов, протекающих в рассматриваемой системе, которое может заключаться во взаимодействии различных видов транспорта, организации погрузо-разгрузочных работ, сортировка, хранение грузов и т. д.);
- 3) использование системы управления, которая обеспечивает интенсивное использование

технических средств, перегрузочного оборудования и механизмов;

4) стремление к увеличению пропускной способности, а также осуществление перевозок с минимальными затратами.

Таким образом, для большей наглядности представим функционирование транспортного узла в виде системы. Безусловно, любой транспортный узел включает в свой состав входы и выходы, в качестве которых выступают транспортные средства, а именно: суда, грузовые автомобили, железнодорожные составы.

При этом стоит учитывать, что при работе в реальных условиях транспортный узел постоянно подвергается воздействию различного вида возмущений, под которыми понимается вероятностный характер транспортных потоков, риск выхода из строя технических механизмов и оборудования, сбоев в очередях обслуживания и другое.

С целью предупреждения и минимизации последствий наступления негативных событий в системе вводятся управляющие воздействия, которые формируются на основании имеющейся информации, поступающей из внешних систем, в качестве которой могут выступать статистические данные о работе узла, поступающие по каналам обратной связи.

Одновременно с этим, необходимо учитывать, что обмен информации происходит и с другими системами, которые окружают транспортный узел. При этом стоит сказать, что информация о работе элемента узла, в случае возникновения некоторого сбоя, по обратной связи приходит с задержкой, что, в свою очередь, может отразиться на последующих технологических этапах обработки груза.

Наряду с этим, на практике нельзя исключать воздействие на работу системы и человеческого фактора, который также может являться причиной возникновения сбоя. Так, например, по причине сбоя в обработке из-за технической поломки при разгрузке контейнерного судна, могут внести изменения в расписание движения судна, что в результате приведет к смещению времени доставки. В связи с этим, при планировании и прогнозировании работы необходимо учитывать вероятность наступления множества случайных факторов.

Таким образом, при прогнозировании работы транспортной системы необходимо с максимальной возможной точностью учесть риск наступления вероятностных процессов. При этом лицо, которое принимает управленческие решения данного характера, должно определить

наиболее рискованные зоны работы, которые могут с наибольшей вероятностью и ощутимыми последствиями привести к возникновению задержки или сбои в работе системы в целом.

Следовательно, учесть все возможные сбои и задержки в реальных условиях просто специалисту не представляется возможным, поэтому с целью прогнозирования работы транспортного узла целесообразно применять имитационное моделирование, которое сможет прогнать наступление всех возможных сбоев работы.

Помимо возможных поломок и задержек при прогнозировании работы транспортного узла необходимо учитывать параметрические особенности территории, к которым можно отнести вместимость контейнерной площадки, количество морских причалов и прочее. Именно данный аспект в строении и схеме транспортного узла может также послужить причиной задержек в том случае, если происходит увеличение входного грузопотока.

Таким образом, использование имитационного моделирования позволяет произвести оптимизацию работы отдельных узлов, что, в конечном счете, обуславливает распределение степени нагрузки между различными элементами системы, а также дает возможность спрогнозировать наступление внешних воздействий и своевременно принять соответствующее управленческое решение, которое может сводиться к модернизации работы какого-либо отдельного структурного элемента, а как результат приводить к повышению пропускной способности транспортного узла в целом.

Безусловно, в качестве инструмента снижения затрат на развитие перегрузочного потенциала транспортного узла необходимо формирование координирующей системы управления технологическими процессами, которая будет обеспечивать повышение эффективности эксплуатационных и технико-экономических показателей работы.

Формирование имитационной модели можно рассмотреть с точки зрения двух уровней. С одной стороны, модель заключается в просчете возможных вариантов работы транспортного узла, который оценивается исходя из интенсивности входного грузопотока и количественных характеристик работы.

С другой стороны, непосредственно грузо-разгрузочные работы могут рассматриваться визуально и выступать объектами моделирования. Такой подход может позволить оптимизировать различные варианты перегрузки обрабатываемых грузов.

Следовательно, так как процессы поступающих грузовых потоков носят случайный характер, то они могут рассматриваться как требования, поступающие в систему для обслуживания, что позволяет отнести работу транспортного узла к функционированию системы, управляемой в соответствии с моделью массового обслуживания.

Стоит сказать, что при моделировании работы морского транспортного узла можно выделить множество подсистем, под которыми следует понимать погрузо-разгрузочные узлы с учетом существующей интенсивности грузовых потоков и транспортных средств, требующих обработки внутри системы.

В связи с этим данная математическая модель может быть матричной с учетом матриц обрабатываемых грузовых потоков и перемещаемых транспортных средств. Подобный подход позволяет рассмотреть работу транспортного узла с разных сторон, что дает возможность проанализировать допустимые варианты перегрузки грузов, что обуславливает оптимизацию существующих грузовых процессов.

Таким образом, строки рассматриваемой матрицы обозначают направления поэтапной перевозки грузов в транспортном узле, при функционировании которого известно количество приходящих судов, а количество свободного перегрузочного оборудования будет выступать случайным или заданным в пределах установленных границ.

Данная цепь обработки обоснованно является цепью Маркова, а значит можно применить соответствующий математический аппарат и представить её линейной стохастической сетью. Если все потоки событий, переводящие систему из состояния в состояние, — пуассоновские, то процесс, протекающий в системе, будет Марковским [1].

При этом под возмущениями внешней среды подразумевается прибытие транспортных средств для осуществления погрузо-разгрузочных работ. Наряду с этим, прибытие транспортного средства для обслуживания и наличие сбоев носят стохастический характер.

Следовательно, принятие управляющего решения происходит в условиях существующей неопределенности. В связи с этим, размер рассматриваемой системы в прямой пропорции обуславливает объем информации, необходимой для анализа с целью минимизации допущения ошибок.

Таким образом, можно заключить, что эффективное функционирование имитационной мо-

дели требует получения достоверной информации о движении грузовых потоков внутри системы, так как только такой подход позволит своевременно вырабатывать корректные управленческие решения.

Стоит сказать, что в современных условиях автоматизации достоверность информации зависит не только от источника получения, но и, одновременно с этим, от времени, в течение которого происходит передача информации. Данный вопрос зачастую может усложняться тем фактом, что информация требует дополнительного сопоставления, если ее поступление происходит из разных источников.

Безусловно, в этих целях для получения своевременной информации актуальным представляется вопрос интегрирования различных инновационных подходов, связанных с передачей сведений о поступающих грузовых потоках в режиме онлайн.

В связи с этим, представим схему использования имитационной модели в транспортной системе в виде иллюстрационного материала, показанного на рисунке 5.

Из представленного рисунка видно, что прогонка имитационной модели основывается на сведениях, получаемых в формате реального времени, на основании чего осуществляется анализ работы всей транспортной системы и его резервных мощностей. В том случае, если в системе возникают сбои или задержки по обработке грузовых потоков, имитационная модель, выстроенная на своевременной и достоверной информации, позволяет принять эффективное управленческое решение в оперативном порядке.

Следовательно, результативность внедряемой имитационной модели в условиях функционирования транспортного узла во многом зависит от непрерывности поступления используемой информации. В этих целях практически реализуемым представляется установка системы видеонаблюдения, анализ сведений которых будет основан на определенном алгоритме считывания информации, что обуславливает оперативность передачи и систематизации необходимых сведений.

В связи с этим, можно заключить, что реализация такого подхода позволит достигнуть точности информации, поступающей в качестве исходных данных, для расчета имитационной модели по оценке функционирования транспортного узла, что в результате приведет к повышению достоверности получаемых результатов, а, как следствие, к эффективности принимаемых управленческих решений.

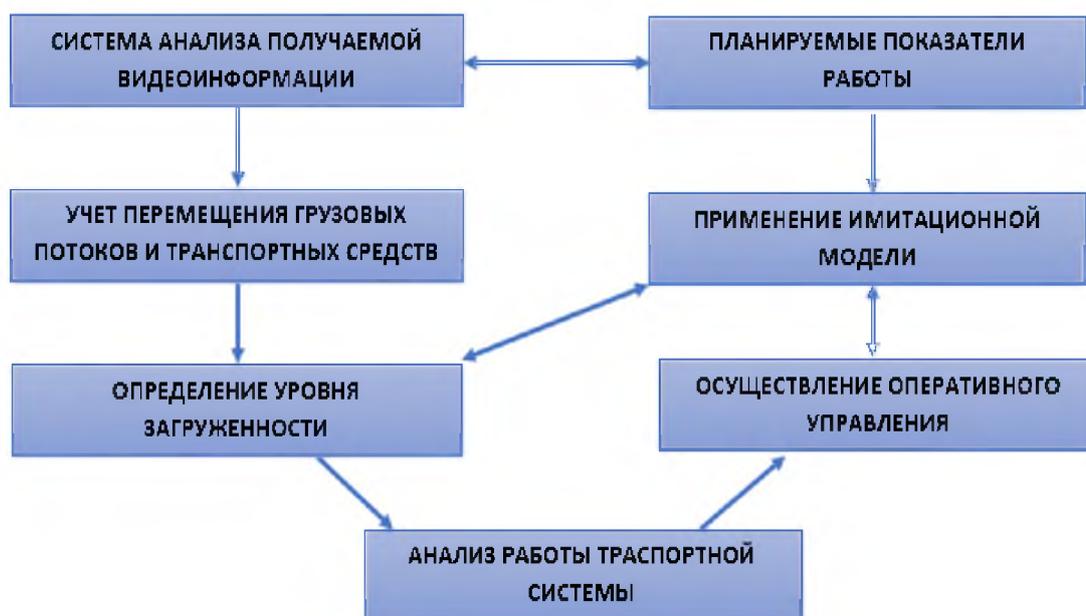


Рисунок 5 – Схема использования имитационной модели транспортной системы

#### Литература

1. Амосова, Н.Н. Математика. Теория массового обслуживания / Н. Н. Амосова, Ю. Д. Максимов. — СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2013.
2. Булыгина, О.В. Имитационное моделирование в экономике и управлении: учебник / О.В. Булыгина, А.А. Емельянов, Н.З. Емельянова. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 592 с.
3. Официальный сайт Ассоциации транспортных инженеров. - URL: <https://www.traffic-ing.ru> (дата обращения 02.09.20).
4. Официальный сайт издательства «Морские вести России». - URL: <http://www.morvesti.ru> (дата обращения 10.09.20).
5. Солнышкина, И.В. Теория системы массового обслуживания: учеб. пособие / И.В. Солнышкина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015.

#### REFERENCES

1. Amosova, N.N., and Ju. D. Maksimov. Matematika. Teorija massovogo obsluzhivaniya. SPb.: Izd-vo Politeh, 2013.
2. Buligina, O.V. Imitacionnoje modelirovanije v ekonomike i upravlenii : uchebnik / O.V. Buligina, A/A/ Emeljanov, N.Z. Emeljanova. – Moskva : INFRA-M, 2019. – 529 c.
3. Officialnij siteAssociacii transportnih inzenierov. - URL: <https://www.traffic-ing.ru> (accessed 02.09.20).
4. Officialnij site izdatetlstva “Morskije vesti Rossiji”. - URL: <http://www.morvesti.ru> (accessed 10.09.20).
5. Solnishkina I.V. Teorija systemi massovogo obsluzhivaniya: ucheb. Posobije / I.V. Solnishkina – Komsomolsk-na-Amure: FGBOY VPO “KnAGTU”, 2015.

УДК 656.073.5(175.8)

DOI: 10.34046/aumsuomt96/6

### ЭКСПЕДИРОВАНИЕ УСЛУГ СКЛАДСКОГО ХРАНЕНИЯ

*В.Е. Деружинский, доктор экономических наук, профессор  
Г.В. Деружинский доктор экономических наук, профессор  
А.П. Шрамко, кандидат экономических наук, доцент*

В последние годы складское хранение приобрело значение обязательного элемента логистики производства, распределения (снабжения и реализации) товаров и услуг, как особый специфический вид услуги, причём необязательно транспортной. В работе исследован рынок складских услуг, дана оценка его эффективности.

**Ключевые слова:** экспедирование, складское хозяйство, логистика, инвестиции, эффективность.

In recent years, warehouse storage has acquired the importance of the obligatory element of the logistics of production, distribution (supply and sale) of goods and services, as a special specific type of service, and not necessarily transport. The work explores the market of warehouse services, assesses its effectiveness.

**Keywords:** expedition, warehouse, logistics, investment, efficiency.