

УДК 656.615

Казьмина О. А.,  
доцент, канд. экон. наук, старший научный сотрудник АО «ЦНИИМФ»  
Карпенко А.А.,  
студент ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и  
речного флота имени адмирала С.О. Макарова»

### Современные подходы к технологическому проектированию морских перегрузочных комплексов

*В статье рассмотрены основные положения и этапы технологического проектирования морских портов, приведены примеры использования системы массового обслуживания (СМО) для моделирования работы транспортного комплекса. Представлена система дискретно-событийного имитационного моделирования как оптимальный вариант проектирования объектов логистической инфраструктуры.*

По мере расширения международных экономических связей происходит интенсификация транспортных потоков, что неизменно приводит к потребности строительства новых портов как основных инструментов внешней торговли. Основным документом, регламентирующим проектирование морских портов, является РД 31.3.05-97 «Нормы технологического проектирования морских портов» [1]. Внимание при разработке и осуществлении технологического проекта порта нацелено на выбор оптимальных технологических решений транспортировки груза (рисунок 1).



Рисунок 1 – Основные этапы технологического проектирования морских портов

Именно на этапе тестирования возникает наибольшее количество вопросов и затруднений, поскольку выбор способа постановки эксперимента затрагивает проблему снижения трудоемкости выполняемых работ и оперативности их выполнения при его максимальной достоверности. Проект – совокупность моделей, свойств или характеристик, представленных в пригодной форме для их целостной реализации. Следовательно, при изучении функционирования проектов следует подробнее рассмотреть процесс моделирования как процесс разработки и изучения моделей, отражающих характерные черты того или иного объекта.

При изучении транспортной деятельности объектом исследования является потоковый процесс, предметом исследования – оптимизация потоковых процессов на основе соблюдения параметрами потоков некоторой системы ограничений [2]. В связи с наличием множества параметров логистических процессов оптимальным способом моделирования является математическая модель – она не требует материального воплощения исследуемых объектов, наиболее приближена к реальности, имеет в своем арсенале научные подходы к всевозможной реализации функций объекта.

Однако реальные процессы в своем составе имеют большой удельный вес случайных величин и других параметров, меняющихся с течением времени. Именно зависимость результатов событий от времени, а также наличие нелинейности развития ситуаций обуславливает выбор частного случая математического моделирования в роли имитационного моделирования – разработки симулятора исследуемой предметной области с целью проведения различных экспериментов. В связи с этим выделим в качестве оптимального способа тестирования проектов морских портов создание дискретно-событийной имитационной модели. Дискретно-событийная имитационная модель объекта – это хронологическая последовательность событий, каждое из которых происходит в определенный момент времени и меняет состояние системы.

Рассмотрим пример конкретных технологических процессов при обработке судна в порту. Все операции по обработке судна в порту делятся на погрузочно-разгрузочные работы, вспомогательные операции и комплексное обслуживание. Представим основные операции обработки судна в порту в среде дискретно-событийного моделирования. Так, перегрузочный комплекс представляет собой систему массового обслуживания, в качестве каналов обработки заявок выступают причалы с перегрузочными кранами и прочим оборудованием, а роль непосредственно самой заявки (агента) выполняют поступающие в порт суда. Возникновение заявки в системе массового обслуживания на разных уровнях проработки модели порта может означать разное событие: поступление администрации порта от судовладельца информации-заявки или момент захода судна в акваторию порта.

В случае поступления информации-заявки первым этапом будет выполнение операций по подготовке к разгрузке-загрузке судна: данные операции производятся внутри порта и представляют собой как аккумуляцию ресурсов, необходимых для дальнейшей обработки судна, так и освобождение зоны обработки. На момент прихода судна в акваторию порта осуществляются вспомогательные операции, которые, по оптимальному сценарию развития событий, должны происходить параллельно друг другу, насколько это возможно. В данном случае поток заявки разветвляется (сплит) на параллельные процессы обработки, самый долгий по выполнению из которых (критический путь) будет означать время выполнения всей процедуры вспомогательных работ, которые в конце аккумулируются обратно в единый поток обработки заявки.

Таким образом, при условии выполнения всех предыдущих операций, наступает фаза погрузки-разгрузки судна: при разгрузке объекты (груз), прикрепленные к заявке, захватываются ресурсами в зону разгрузки, а при погрузке наоборот – объекты из зоны погрузки прикрепляются к заявке. На последнем этапе происходит выбытие заявки из системы, освобождение ресурсов, локализация захваченных ресурсами в зоне разгрузки (при разгрузке судна) или заявкой в зоне погрузки (при загрузке судна) объектов и уничтожение заявки. Важно, чтобы перед уничтожением заявки все ресурсы, использованные в системе, были освобождены от захватывающих их операций (подготовительные, вспомогательные, основные).

Среди настраиваемых параметров составленной модели могут быть: интенсивность потока входящих заявок (база данных или частота поступления в единицу времени), вероятность аварийно-ремонтных ситуаций (согласно имеющимся данным или различным статистическим законам распределения вероятностей), норма грузовых работ определенных причалов, максимальная вместимость очередей заявок (допустимое количество судов на рейде) и др. При более детальной проработке имитационной модели возможным будет также регулировка количества причалов для определения оптимального проекта постройки порта при заданной интенсивности судозахода либо вероятность задержек во время обработки судна для расчета времени обработки конкретного судна в действующем порту.

В итоге, поиск оптимального решения работы порта заключается в установлении необходимого соотношения интенсивности поступления заявок с производительностью работ портового комплекса. Описанный выше алгоритм действий позволит с помощью программных средств дискретно-событийного имитационного моделирования построить простейшую модель работы порта, которая сформирует оптимальный проект работы морского грузового терминала без простоев судов и неиспользуемых технических средств порта. На сегодняшний день наиболее популярным средством имитационного моделирования является отечественное программное обеспечение Anylogic, построенное на языке Java [4]. Преимуществом этой программы перед аналогами (например, GPSS [3]) является возможность совмещения различных методов при моделировании системы (дискретно-событийного, агентного моделирования и системной динамики).

## Список литературы

1. РД 31.3.05-97. Нормы технологического проектирования морских портов. – М.: Минтранс РФ, 1997.
2. Кузнецов А.Л., Галин А.В. Методические принципы управления развитием современного морского порта // Вестник Государственного университета морского и речного транспорта имени адмирала С.О. Макарова. 2016. Выпуск 4 (38). С. 43–50.
3. GPSS – имитационное моделирование систем [сайт]. URL: <http://www.gpss.ru/> (дата обращения: 26.02.2018).
4. The Anylogic Company [сайт]. URL: <https://www.anylogic.ru/> (дата обращения: 26.02.2018).