ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПЛЕКСА ПЕРЕГРУЗКИ УГЛЯ В МОРСКОМ ПОРТУ

Ю. Д. Полянцев, С. Н. Заев (Москва)

При проектировании перегрузочного комплекса на 18 млн. тонн в год потребовалось определить, как будут изменяться простои судов и вагонов с изменением емкости складов, до каких пределов целесообразно увеличивать эти емкости. Надо принять решение, от которого существенно зависит объем затрат на строительство. Или другая сторона, вообще говоря, той же задачи – оценка действительной мощности перегрузочного комплекса. Очевидно, она будет меньше технической и за счет самой сущности процесса перевалки грузов, и за счет огромного количества управляемых и неуправляемых событий, происходящих в порту. Как сильно меньше? Какой резерв мощности целесообразен?

В практике проектирования объектов в морских портах для оценок используются усредненные показатели и корректирующие коэффициенты, основанные на исследованиях, проведенных ранее в отраслевых НИИ. Такой подход сложился в период, когда вычислительная техника еше не стала подручным инструментом. На сегодняшний день, когда практически на каждом рабочем месте имеется ПЭВМ, по вычислительной мощности не уступающая хорошему ВЦ середины 80-х годов, очевидна целесообразность пересмотра подходов к оценке характеристик проектных решений, к формированию системы оценок на основе изучения поведения проектируемых объектов на модели. Несколько лет назад мы начали работы по формированию имитационной модели системы доставки массовых грузов с целью показать возможность создания пригодного для практического использования инструмента.

В качестве первого шага разработан и отлажен макет имитационной модели системы доставки навалочных грузов. С использованием этого инструмента были проведены расчеты по обоснованию емкости складов угольного перегрузочного комплекса в составе работ этапа обоснования инвестиций. Результаты представлены на рис. 1.

Рис. 1. Зависимость удельных приведенных затрат на перевалку в порту от емкости складов

Проводя работы по созданию модели, мы ориентировались, прежде всего, на корректность алгоритмов и реализуемость отдельных элементов модели. В основу общего представления положен наглядный образ «составной трубы разного диаметра», где каждому участку трубы поставлена в соответствие определенная фаза процесса перемещения груза (рис. 2). Разница в диаметрах указывает на несовпадение пропускных способностей и на возможность образования «узких мест».

Рис. 2. Многофазное представление системы доставки навалочных грузов

Имитационная модель формировалась поэтапно. На первом этапе, отрабатывая подходы к оценке действующих производственных мощностей морских портов, решили промоделировать работу перегрузочного комплекса в порту. Условия работы модели:

– емкость складов не ограничена;

– груз всегда есть;

– заданы структура (по типам судов) и интенсивность судопотока;

– известно, какую интенсивность грузовых работ могут обеспечить технические средства перегрузочного комплекса по типам судов;

– заданы интенсивность и типы отказов перегрузочного комплекса и соответствующие длительности восстановления;

– заданы интенсивность по типам и длительности простоев перегрузочного комплекса по погодным условиям.

Цель первого этапа – проведение исследований на модели объема перевалки грузов, длительности нахождения судов в порту и структуры этого времени. Были проведены работы по формированию структур данных и алгоритмов, программированию, отладке и системной отладке модели.

Имитационная модель использует свое условное время. Единица времени для модели – тик. Тик соответствует часу в реальных производственных условиях. Для каждого тика осуществляется пересчет состояния модели, и это состояние наряду с исходными данными является входом для расчета состояния для следующего тика. Один цикл расчета для одного значения исходных данных (один прогон) соответствует обычно двум-трем годам и составляет 17280–25920 тиков. В результате работы модели кроме обобщенных данных формируются следующие таблицы:

– таблица таймшитов;

– таблица состояний очереди судов;

– таблица состояний перегрузочного комплекса.

Затем была добавлена возможность моделирования одновременной работы четырех перегрузочных комплексов с разными приоритетами постановки судов на обработку по их типам. Соответственно, стали формироваться четыре таблицы состояний

перегрузочных комплексов. Схематично это представлено на рис. 3 (соответствует фазе 6 на рис. 2).

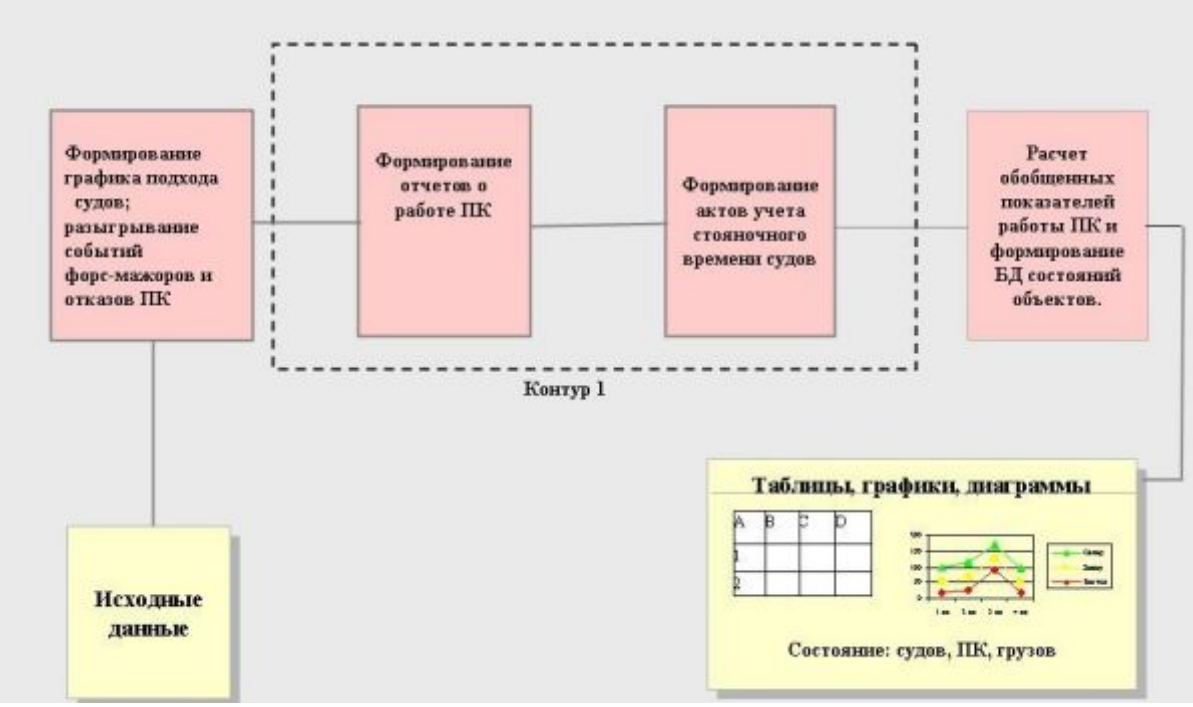

Рис. 3. Моделирование работы перегрузочного комплекса

На следующем этапе в модель были включены модули, моделирующие грузовые работы через склады ограниченной емкости с равномерным завозом-вывозом грузов. Состояние складов на каждый тик работы модели фиксируется в специальной таблице (фаза 5 на рис. 2).

Затем были добавлены модули, обеспечивающие регулирование интенсивности завоза грузов на склады в зависимости от результатов моделирования вывоза грузов морем. Это дало возможность проводить эксперименты на модели по оценке влияния процедур планирования завоза на общие результаты работы.

На следующем этапе были разработаны дополнительные модули и таблицы, моделирующие процессы погрузки железнодорожных составов у грузоотправителя, формирования соответствующих маршрутов, перевозки до припортовой станции, работы припортовой станции в части формирования очереди и подачи составов под выгрузку, выгрузки и освобождения железнодорожных составов (соответствует фазам 1–4 на рис. 2). В процессе работы этой части модели формируются дополнительно следующие таблицы:

– таблицы состояний железнодорожных составов;

– таблица рейсов железнодорожных составов;

– таблица расписаний погрузки железнодорожных составов у грузоотправителей;

– таблица состояний очереди железнодорожных составов на станциях грузоотправителя;

– таблица состояний погрузочных комплексов грузоотправителей;

– таблица состояний очереди железнодорожных составов на припортовой станции;

– таблица состояний комплексов выгрузки вагонов в порту.

На заключительном этапе были разработаны дополнительные модули и таблицы, моделирующие процессы планирования доставки грузов морем, формирования соответствующих рейсов судов, перевозки до порта назначения, работы порта по выгрузке судна, формирования обратного рейса в балласте или освобождения судна (фазы 7 и 8 на рис. 2). В процессе имитации этих процессов дополнительно формируются следующие таблицы:

– план-график перевозок и расстановки флота;
– таблица рейсов судов;
– таблица движения судов в порты назначения;
– таблица обработки судов в портах назначения;
– таблица движения судов в обратном направлении.

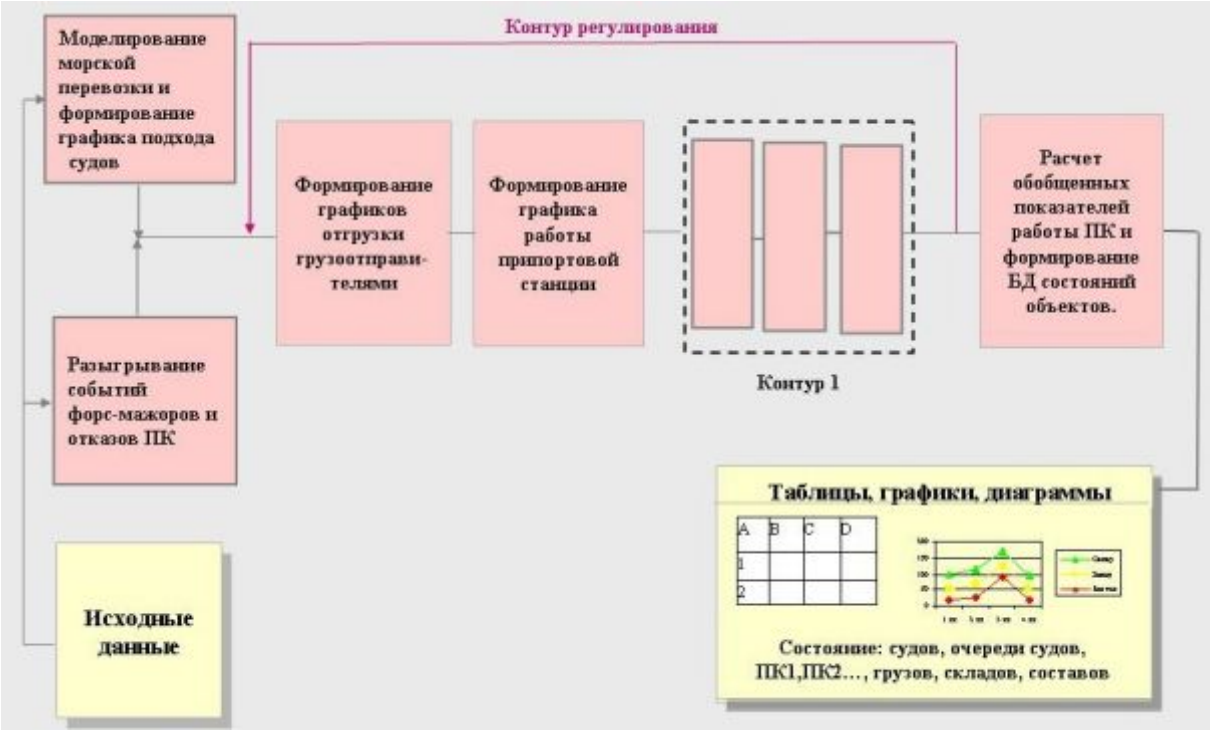

Рис. 4. Моделирование системы доставки навалочных грузов

К настоящему времени имитационная модель представляет собой комплекс взаимосвязанных программных и информационных блоков, реализующих имитацию процесса работы транспорта на всех фазах движения груза от грузоотправителя до порта назначения. Общая структурная схема представлена на рис. 4.

Модель настраивается на имитацию работы проектируемой транспортной схемы через таблицу исходных данных, которая содержит следующие блоки информации:

– общие условия настройки моделирующей установки;
– данные по грузообороту;
– данные по судообороту;
– данные, характеризующие морской грузовой фронт;
– данные по складам;
– данные, характеризующие железнодорожный грузовой фронт;
– данные, характеризующие железнодорожную перевозку;
– данные, характеризующие морскую перевозку.

После завершения работы моделирующей установки получаем базу данных состояний всех объектов транспортной цепи на каждый квант модельного времени, кото-

рая подвергается дальнейшей обработке для подготовки графических материалов и показателей согласно задаче исследования.

В разработанном макете имитационной модели системы доставки навалочных грузов наиболее детально моделируются технологические процессы, которые будут происходить на проектируемом объекте (фазы 4, 5 и 6 на рис. 1). По мере удаления от этого центра модель загрубляется, используются упрощенные процедуры расчета времени наступления событий и усредненные исходные данные. Так, например, для расчета времени обработки судна на фазе 6 используются данные интенсивности работ для конкретного типа судна, фиксируются простои по погодным условиям и по временному выходу из строя перегрузочных механизмов (генерируются соответствующие случайные события), анализируется наличие груза на складе, учитываются вспомогательные операции и ведется подробный учет стояночного времени. А для расчета времени выгрузки судна используется валовая норма грузовых работ в порту назначения. Такой подход определяется назначением модели.

Расчеты на макете на горизонт в три года (25920 тиков) по одному набору исходных данных на ПЭВМ, работающей под управлением Windows XP, с процессором Intel P4 2.8 Мгц и оперативной памятью 512 Мгб продолжаются около 7 часов. По нашим оценкам, перенос отлаженных на макете алгоритмов в C++ для ОС клона Linux позволит сократить время обработки в 30–100 раз.

Проведенные работы показывают возможность и относительно невысокую трудоемкость создания имитационной модели системы доставки навалочных грузов как инструмента обоснования технологических решений при проектировании объектов в морских портах. Инструмента, позволяющего спрогнозировать «узкие места» в системе доставки и дать оценки эксплуатационных параметров перегрузочного комплекса на начальных стадиях проектирования.

Уточняя и отлаживая процедуры имитационного моделирования системы доставки навалочных грузов, мы видим следующие дополнительные направления использования результатов таких работ:

– оценка действующих производственных мощностей портов;

– сравнительная оценка маршрутов доставки навалочных грузов через различные порты;

– в исследованиях в ходе очередного пересмотра норм технологического проектирования морских портов;

– «имитационная экспертиза» проектов;

– создание тренажеров для практической подготовки специалистов морских и речных портов.