

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУЗОПОТОКОВ В РОССИИ

В статье автор раскрывает возможности и целесообразность использования методов математического моделирования для получения оптимального варианта многоступенчатого грузопотока. Анализ и применение математического моделирования позволяет предприятиям существенно снизить текущие затраты на отдельные грузопотоки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: консалтинг, транспорт, грузопоток, затраты, математическое моделирование, перевозка



Горшенин Александр Ильич — руководитель проектов консалтинговой компании «А ДАН ДЗО» (г. Москва)

Даже после распада СССР Россия по своему размеру уверенно сохранила за собой мировое первенство. Огромные территории всегда требовали особого подхода к решению транспортных задач. 150 лет назад царский указ доходил, например, до иркутского губернатора со скоростной фельдъегерской службой минимум за три недели. Что уж говорить о грузовых караванах — это были месяцы пути, если речь шла о самых отдаленных российских регионах. Транспортная логистика (хотя в те годы еще не знали, что она так называется) была сосредоточена в основном вокруг судоходных рек и морского побережья, что существенно ограничивало освоение отдаленных от них земель. Правда, существовали и сухопутные маршруты, например Шелковый путь из Азии в Европу или различные «солевые» пути с юга на север, но они, так же как и водные, были очень тихоходными и рискованными.

Что же изменилось за эти годы? С точки зрения стратегических направлений почти ничего, а вот с точки зрения тактических грузопотоков изменилось все. Технический прогресс позволил заселить самые отдаленные территории, в стране

определились различные зоны производств и потребления. Именно расположение этих зон и формирует сегодня традиционные транспортные маршруты, или так называемые транспортные коридоры. Для грузовладельцев — пользователей таких коридоров на первый план вышли три основных параметра, по которым теперь оценивается практически любая перевозка: это продолжительность транспортировки, ее стоимость и уровень сохранности груза в пути. Обычно эти факторы играют взаимоисключающую роль, поэтому каждый грузовладелец при выборе одного из возможных вариантов перевозки должен сам определить для себя приоритетность того или иного параметра, тем более если планируется не одна перевозка, а, например, постоянный грузовой поток с многоступенчатой эшелонированной структурой. Здесь без математических расчетов уже не обойтись.

Всю сложность выбора оптимального варианта передвижения транспортных средств можно показать на простом примере: пусть у нас имеются два поставщика и два потребителя, тогда вариантов движения между ними грузопотоков может быть более десяти, а если у нас три поставщика и три потребителя, то вариантов движения грузопотоков уже более 90 и т.д. Понятно, что при увеличении количества участников логистических процессов возрастает и количество вариантов маршрутизации, и наиболее приемлемым решением этой задачи, с точки зрения специалистов консалтинговой компании «А ДАН ДЗО», является метод математического моделирования с применением информационных систем.

В консалтинге чаще всего используются два типа математических моделей — аналитические и имитационные. В случае, когда поведение моделируемого объекта или системы объектов описывается с помощью уравнений (алгебраических, дифференциальных и др.), решаемых явными и неявными методами, мы говорим об аналитической модели. Ну а если поведение моделируемого объекта основано на имитации во времени, то мы имеем дело с имитационным моделированием,

которое чаще всего воспроизводится на компьютере через отображение простейших событий, влияющих на состояние объекта, при сохранении их логики и последовательности. Имитационное моделирование очень удобно тем, что имитацию объекта во времени можно воспроизводить большое количество раз, используя при этом все возможные варианты входящих значений и получая надежные результаты. К такому виду моделирования прибегают в том случае, если по разным причинам нет возможности применить аналитические методы решения поставленной задачи.

Специалисты «А ДАН ДЗО» в моделировании грузопотоков используют алгоритмы собственной разработки, т.к. имеющиеся сегодня на рынке современные программные инструменты классов SCM и TMS, даже от самых известных производителей, к сожалению, не позволяют в полной мере решать такие задачи либо вообще не имеют средств для подобного моделирования. Так в чем же особенность этих задач с точки зрения математики? Ведь на первый взгляд все достаточно просто: есть всего несколько видов транспорта и три основных параметра, описанных выше, по которым происходит выбор нужного варианта.

Получается, что если все требования и условия перевести в цифры, то задача подбора средств для построения любого грузопотока должна решаться несложным уравнением школьного уровня. Так, к сожалению, и рассуждают большинство стартап-менеджеров, которые, стремясь к главной цели проекта, часто недооценивают тщательность проработки этих вопросов. На самом деле это не просто уравнение, а целая система математических уравнений, которую, перед тем как решать, необходимо еще и правильно составить, иначе она теряет смысл. Это система, где по каждому параметру перевозки должно быть достигнуто свое отдельное тождество, т.к. во все уравнения, с одной стороны, включены численные параметры, описывающие тот или иной вид транспортировки со своими переменными величинами. С другой стороны, в них должны быть включены также оцифрованные текущие

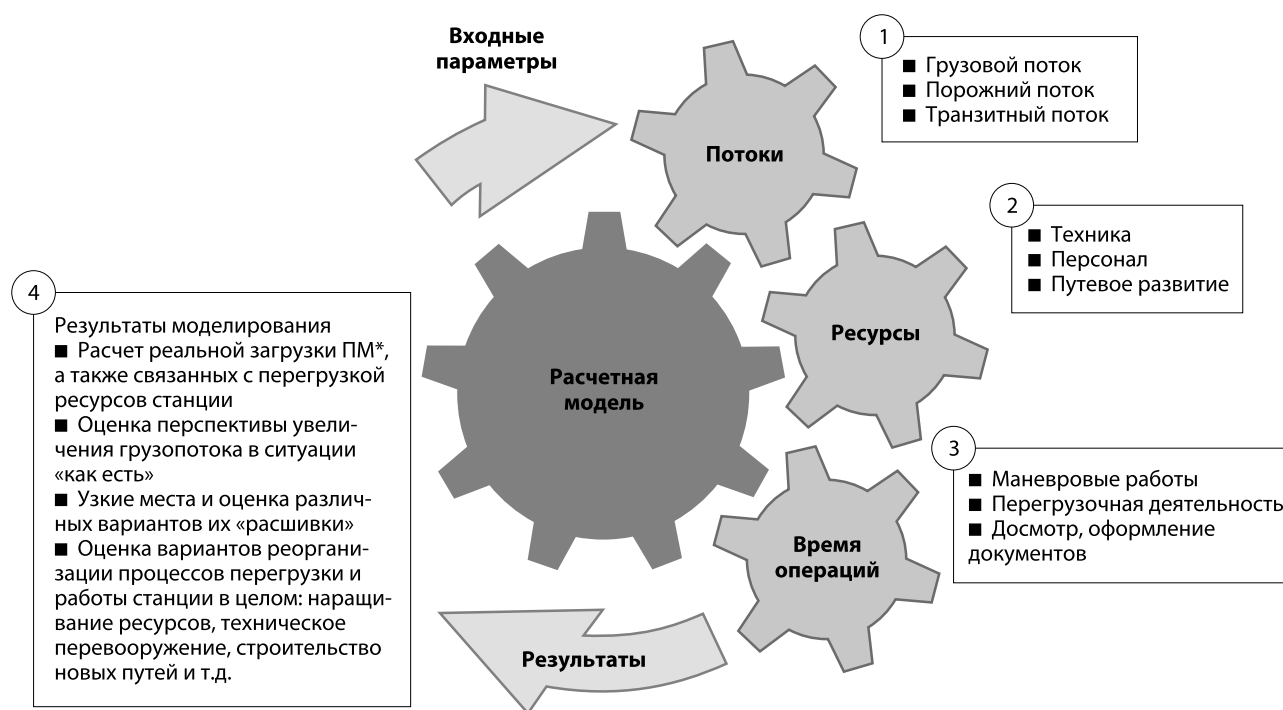
требования грузовладельца, но уже как некие постоянные значения. Поскольку в одном грузопотоке могут последовательно использоваться несколько видов транспортировки, это означает, что система уравнений является еще и многоуровневой и для ее решения требуется специальный программный инструмент.

Предлагаем рассмотреть несложный пример. Перед нашей командой стояла задача развития одной крупной приграничной железнодорожной станции. Изначально требовался анализ возможных вариантов развития перегрузочной деятельности, но вскоре стало ясно, что для решения этой задачи придется анализировать и моделировать работу всей станции (рис. 1). Причиной послужило то, что процессы, связанные с перегрузочной деятельностью, тесно переплетались с другими процессами на станции, т.к. для них

использовались общие ресурсы, такие как железнодорожные пути и маневровые локомотивы.

Стоит отметить тот факт, что от своевременности поступления вагонов на станцию зависит и своевременность подачи вагонов с грузом и порожних на перегрузочные места, а от этого факта — вся динамика перегрузочной деятельности станции. Таким образом, модель неизбежно должна включать данные о железнодорожных путях, которые связывают рассматриваемую станцию со станциями примыкания: последние тоже добавляются в модель, а кроме них пункты пограничного и таможенного досмотра составов, пересекающих государственную границу. Перегрузочная деятельность включает в себя не только своевременную подачу, но и уборку вагонов с погрузочных мест, которую может задерживать несвоевременная отправка железнодорожных

Рис. 1. Моделирование перегрузочной деятельности на железнодорожной станции



* ПМ — перегрузочные места.

составов со станции. По этим причинам нужна нам модель станции должна учесть движение проходящих составов, которые в перегрузочной деятельности не участвуют, но в процессе движения занимают пути следования.

На практике применение модели началось с ее проверки на соответствие ситуации «как есть», что включало в себя моделирование работы в текущей ситуации и соизмеримость результатов с уже имеющимися отчетными данными. При этом был учтен тот момент, что в случае расхождений в расчетах и статистики «как есть»,

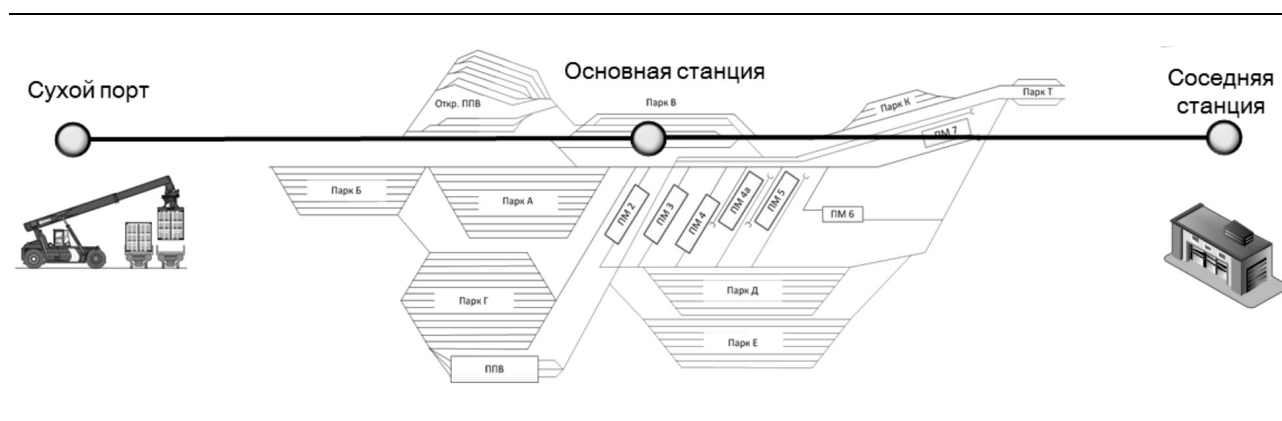
причиной которых могут быть неверные входные данные, стоит приступить именно к проверке самих входных данных, а не искать неточности в модели.

В первую очередь был рассмотрен вариант 1 из представленных в таблице — сохранение ситуации «как есть» на предмет оценки имеющегося запаса мощностей и выявления узких мест, которые могут образоваться при увеличении грузопотоков. После проверки модели на соответствие «как есть» были смоделированы варианты «как будет» (рис. 2). Для этого были подвергнуты анализу

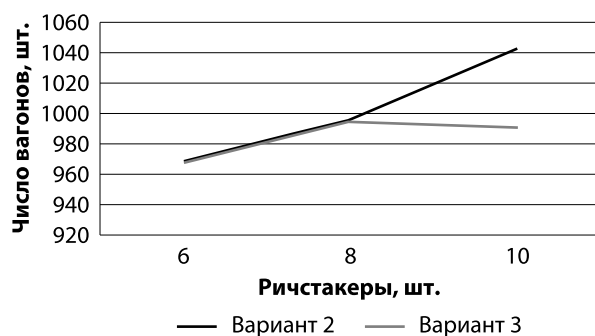
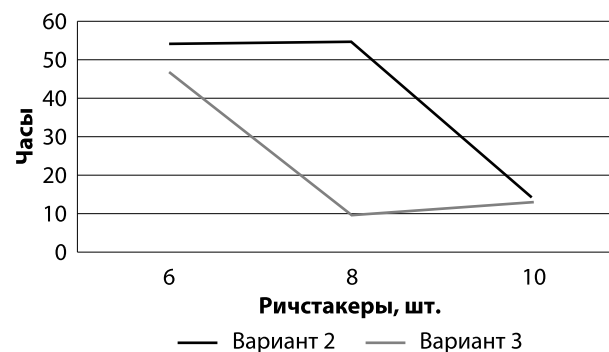
Таблица. Варианты модернизации станции и ПМ

Варианты	Дополнительные мощности для контейнеров (кроме ПМ5)	Модернизация ПМ	Модернизация станции	Терминал на соседней станции
Вариант 1 — без ПМ8	Нет	ПМ2, ПМ3, ПМ4а (организационная), ПМ5, ПМ7 (техническая)		Нет
Вариант 2 — перегрузочное место в границах станции	ПМ8 (в границах станции)	ПМ1, ПМ1а (демонтаж), ПМ2, ПМ3, ПМ4а (организационная), ПМ5, ПМ7 (техническая)	Парки: Б, Е, Т, К, Г	Нет
Вариант 3 — сухой порт	Сухой порт (за границами станции)	ПМ2, ПМ3, ПМ4а (организационная), ПМ7 (техническая)		Нет
Вариант 4 — использование сопутствующей инфраструктуры (соседней станции и т.д.)	Нет	ПМ1, ПМ1а (демонтаж), ПМ2, ПМ3, ПМ4а (организационная), ПМ5, ПМ7 (техническая)		Есть

Рис. 2. Модернизация станции



Примечание: ПВ — пункт подготовки вагонов (к перевозке); Откр. ПВ — открытый пункт подготовки вагонов (к перевозке).

Рис. 3. Среднесуточный объем перегруженных вагонов**Рис. 4.** Среднее время ожидания перегруза

три различных варианта развития станции по количеству задействованных ричстакеров: шесть, восемь и десять штук в случае строительства дополнительного перегрузочного места для контейнеров в пределах и за пределами станции (варианты 2 и 3 таблицы соответственно) (рис. 3, 4)¹. Далее были проанализированы варианты оптимизации ситуации «как есть» путем повышения производительности перегрузочных мест и перераспределения потоков грузов между ними. Наконец, был рассмотрен вариант строительства дополнительного перегрузочного места и сопутствующей инфраструктуры, причем как в пределах станции, так и на определенном удалении от нее.

Подведем итог: только путем математического моделирования можно получить действительно оптимальный вариант исполнения многоступенчатого

грузопотока, когда в комплексе будут учтены все условия на всех этапах, т.е. в описании количественных закономерностей логистических процессов помогут соответствующие математические модели. Результат того стоит. Для новых планируемых грузопотоков этот метод позволяет найти единственное правильное решение, которое часто отличается от первоначального и на первый взгляд очевидного для всех варианта, а для уже действующих грузопотоков позволяет проверить их актуальность, чтобы при необходимости предложить возможные корректировки, которые обычно невозможно выявить традиционными методами. Даже незначительное, на несколько процентов, снижение затрат за счет такого анализа на отдельных грузопотоках измеряется огромными суммами.

Подготовлено Е.Фуриной.

¹ При увеличении числа ричстакеров и других ресурсов ПМ до 10 штук среднесуточный перегруз в варианте 3 не растет (время ожидания увеличивается). Это связано с пределом использования магистрального пути. Следовательно, необходимо рассмотреть варианты «расшивки» магистрального пути. — Прим. авт.