

## РАСЧЕТ ЦЕПИ ПОСТАВОК НА НОВОЕ ГОРНОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Г. Демин (Санкт-Петербург)

### Предпосылки к созданию модели

Опыт планирования и запуска новых месторождений требует внедрения современных методов экономической оценки и управления рисками для построения логистической цепи. Лидирующие добывающие компании, уже давно прошедшие этот путь, ищут новые подходы к реализации масштабных проектов [1].

Наиболее актуальным и всеобъемлющим на сегодня является создание систем поддержки принятия решений на базе имитационного моделирования [2].

### Проблема

Заказчик – логистическое подразделение одного из крупнейших добывающих холдингов редкоземельных металлов. Для осуществления единовременного и комплексного подхода к преодолению сложных и несвязанных друг с другом внешних ситуаций заказчик принял решение о создании имитационной модели запуска нового месторождения.

Поставленные заказчиком задачи:

- построить логистическую цепь поставок по заданному маршруту с учетом следующих факторов:
  - неравномерность поставки по железной дороге;
  - перевозка грузов различных видов: габаритные, негабаритные, жидкие и взрывоопасные;
  - наличие паромных переправ через реку, перерывов на установку льда, налаживания зимника и весеннего половодья;
  - использование различных видов транспорта в зависимости от участка дороги;
  - учет периодов осенне-весеннего половодья с кратковременной недоступностью сложных участков;
  - учет соблюдения времени труда и отдыха персонала.
- рассчитать операционные и капитальные затраты по различным вариантам движения;
- выбрать оптимальный объем транспорта с учетом текущих закупок техники.

### Реализация проекта

В рамках реализации проекта была создана рабочая группа с участием иностранной компании-консультанта по добыче. Для разработки имитационной модели была привлечена компания «Фокус Групп».

Имитационная модель позволила повысить качество планирования поставок за счет:

- проверки возможности исполнения сценария с выбранным составом техники;
- оценки операционных затрат при уровне исполнения плана поставок;
- определить КИО (коэффициент использования оборудования) и КТГ (коэффициент технической готовности) техники и паромных переправ.

В результате использования имитационной модели заказчик получил возможность:

- рассчитывать ожидаемые сроки выполнения поставок на длинном горизонте расчёта;
- определять затраты на выполнение запуска и эксплуатации нового месторождения;
- проверить возможность сценарного анализа выполнения цепи поставок (рис. 1).

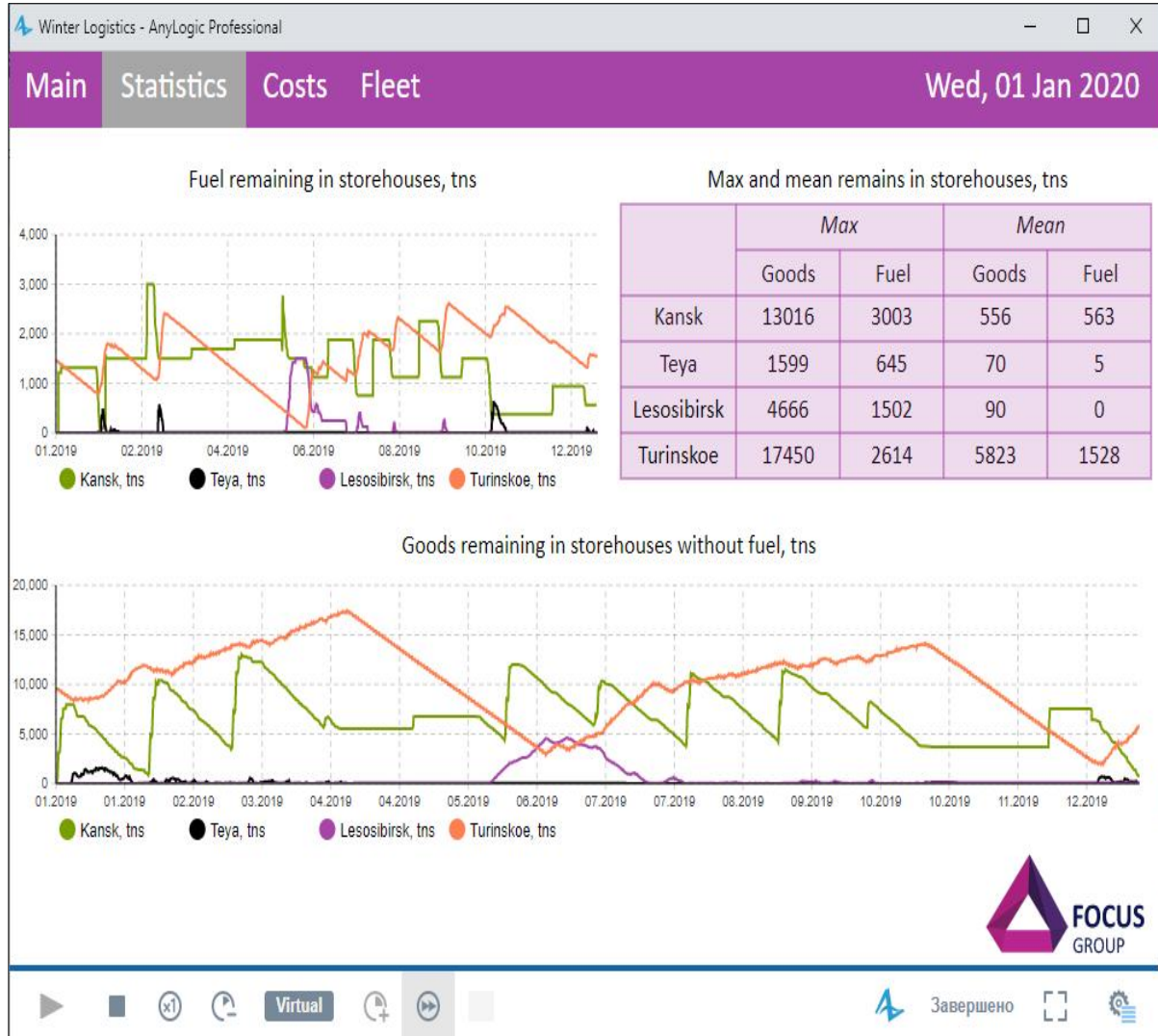


Рис 1. Экран результатов эксперимента с моделью [3]

### Создание имитационной модели

Для реализации имитационной модели был выбран инструмент имитационного моделирования AnyLogic в силу нескольких основных факторов:

- система AnyLogic единственное среди коммерческих продуктов своего класса поддерживает визуализацию движения транспортных средств по дорогам на ГИС-карте [4] (рис. 2);
  - система AnyLogic позволяет экспортировать модель в виде не зависящего от среды разработки Java-приложения [4];
  - значительно облегчает взаимодействие с Excel-шаблонами и базами данных для ввода и вывода данных [5];
  - позволяет построить оптимальное решение [5].
- Остановимся на некоторых из пунктов более подробно.

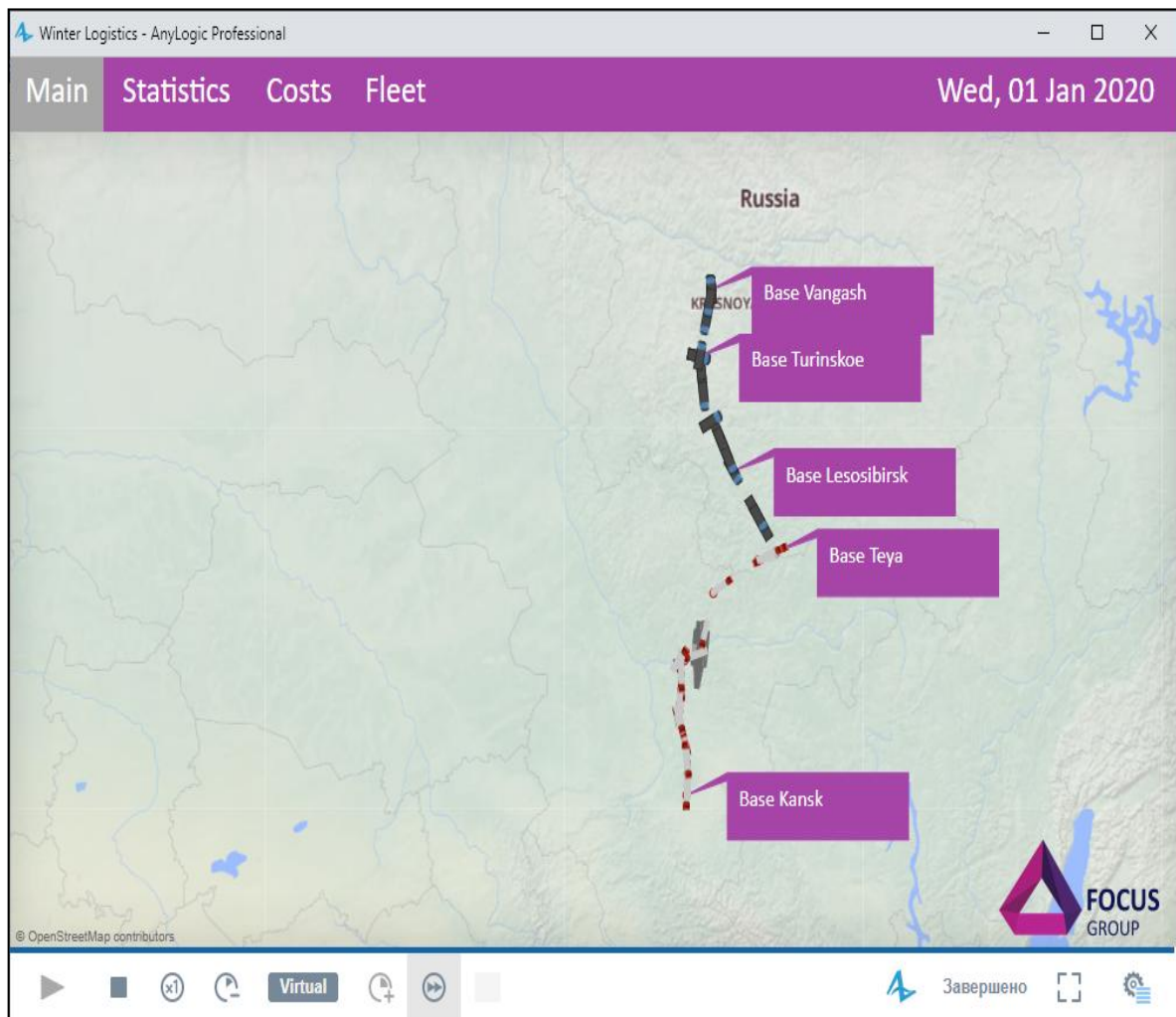


Рис 2. Использование ГИС-карты в дискретно-событийной модели ПО AnyLogic [3]

### Дискретно-событийное моделирование

Модели сложных цепей поставок хорошо «ложатся» на аппарат дискретно-событийного моделирования. Такое моделирование позволяет задать модель через описание типовых объектов, их поведения и правил их взаимодействия. В рассматриваемой модели представлены объекты: Task, Truck, SmallTruck, Warehouse (рис. 3).

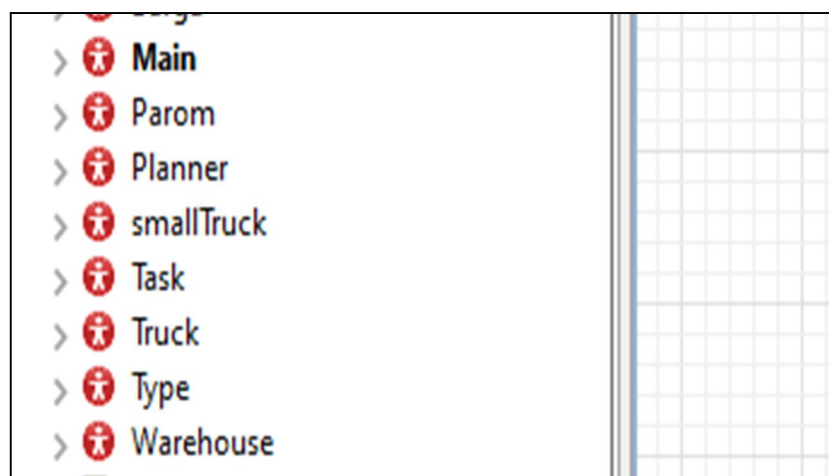


Рис 3. Фрагмент модели в среде разработки AnyLogic. Ключевые объекты

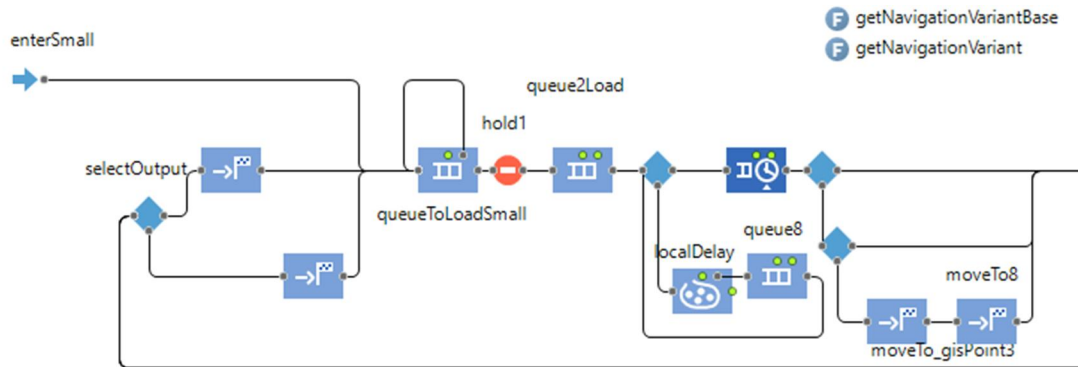


Рис 4. Фрагмент модели в среде разработки AnyLogic. Блок управления движения на последней миле.

После того, как объекты заданы, необходимо проинициализировать их параметрами реальных или предполагаемых объектов: план поставок, объем техники, их рабочее время и т. д. Эти и другие исходные данные вводятся в модель через Excel-шаблоны.

Цепочка начинается с перегрузочной площадки, затем определяется возможность движения в условиях размыва дороги, далее идет выбор промежуточной точки для отдыха водителей и т. д. Объект создается по расписанию, входит в процесс через блок «enterSmall» (рис. 4). В блоке «queueToLoadSmall» осуществляется проверка на возможность выхода транспорта сейчас или ожидания, пока перед ним обрабатываются другие машины. Подобная простая логика способна полностью описать процесс движения объектов в пространстве, при условии, что среда моделирования позволяет учесть все возможные особенности цепи поставок.

### Выводы

Разработанная имитационная модель учитывает все ключевые логистические этапы. Она позволяет определить возможность исполнения сценария, строить графики затрат и оперативного запаса на месторождении, дает вводные для оптимизации объемов складов и перегрузочных площадок [6].

В результате работы над проектом:

- выбран оптимальный маршрут цепи поставки на месторождение;
- выбраны точки перегрузки, графики работы, объем транспорта и технология работы;
- выбран приемлемый уровень риска задержек поставок при согласованном уровне затрат.

Заказчик определил для себя:

- процессы, требующие в рамках создания месторождения дополнительной проработки;
- минимальный уровень запасов ключевых единиц номенклатуры;
- объем складов и перегрузочных площадок;
- оптимальный состав техники и персонала.

В дальнейшем применение имитационной модели можно расширить путем создания операционной модели, позволяющей просчитывать отклонения графиков поставки и изменения погодных условий. Будущие внедрения позволят подготавливать детальные сменно-суточные задания для каждого вида техники, управлять рисками и динамически изменять количество техники.

---

**Литература**

1. **Суслов С.А.** Имитационная модель – уже вполне обычная составная часть логистических проектов. *Логистика* №2 2012.
2. **Suslov S., Katalevsky D.** Modeling and Simulation Toolset // *Evolving Toolbox for Complex Project Management*. – Auerbach Publications, 2019. С. 417 – 450.
3. Демонстрационная модель в облачном сервисе AnyLogic Cloud: <https://cloud.anylogic.com/model/6e8d76ce-cfbf-4ebc-bf22-78a6485a89e0>.
4. **Дёмин А.Г.** Разработка имитационной модели пригородных пассажирских перевозок в центральном федеральном округе // *Материалы всероссийской конференции ИММОД-2017*. Санкт-Петербург. 2017.
5. **Дёмин А.Г.** Производственное планирование на металлургическом предприятии на основе имитационного моделирования. *Материалы всероссийской конференции ИММОД-2019*. Екатеринбург. 2019.
6. Описание проекта на сайте компании ООО «Фокус Групп»: <https://focus-group.spb.ru/portfolio-item/winter-logistics/>.