

Использование ГИС при модернизации морского контейнерного терминала

В транспортных связях “Европа-Россия-Азия” важную роль играет транспортно-логистический кластер (ТЛК) Санкт-Петербурга, ядром которого является Большой порт (БП СПб). В функционировании каждого из названных объектов, так же как и во взаимосвязях в системе Город-ТЛК-БП имеется множество проблем, вследствие чего представление и анализ процессов и выработка решений в этих больших пространственных образованиях в настоящее время становятся невозможными без современных геоинформационных технологий (ГИС).

Через Большой порт Санкт-Петербурга осуществляется поставка в Россию половины всех импортных грузов и вывоз 13% общего объема экспортных грузов морского транспорта. Но портовый комплекс уже работает на пределе своих возможностей. Пропускная способность улично-дорожной сети (УДС) города, особенно в районах, примыкающих к порту, практически исчерпана. Поэтому обеспечение транспортных подходов к порту – важная часть стратегии развития городского Транспортно-логистического кластера.

В решении проблемы пространственной организации рабочего пространства порта и его дорожной инфраструктуры с предстоящим выходом на Западный скоростной диаметр (ЗСД), КАД и “заКАДье” была использована ГИС ArcGIS компании Esri.

В качестве методико-алгоритмической основы комплекса исследовательских работ применена идея пирамидальной трехуровневой 3D-модели УДС. Схема перехода по слоям пирамиды представлена на рис. 1.

Примером первого уровня – макроуровня – может служить УДС СПб, построенная в среде ArcGIS Network Analyst. На этом уровне важно отобразить общую связность сети и обеспечить маршрутизацию между любыми точками мегаполиса. Модель этого уровня использовалась при отображении взаимосвязей БП с логистическими мощностями города.

Модель второго уровня – мезоуровня – может быть использована для “экономного” отображения сложных развязок, когда нужно показать общую схему развязки и навигацию на ней, но детализация по полосам движения не требуется. Пример развязки на ЗСД в районе БП приведен на рис. 2.

Модель третьего уровня – микроуровня – полезна при детальном трехмерном представлении фрагмента УДС. Здесь привлекаются Правила дорожного движения, расставляются трехмерные дорожные знаки, существует возможность моделирования турбулентности транспортного потока. Модель этого уровня использовалась в представлении внутренней дорожной сети БП и его дорожной инфраструктуры, в том числе в приводимом ниже примере оптимизации рабочего пространства Контейнерного терминала Санкт-Петербург (КТ СПб) с помощью ГИС.

Общей целью проекта являлось достичь – посредством 2D- и 3D-моделирования конкретного КТ с его ин-

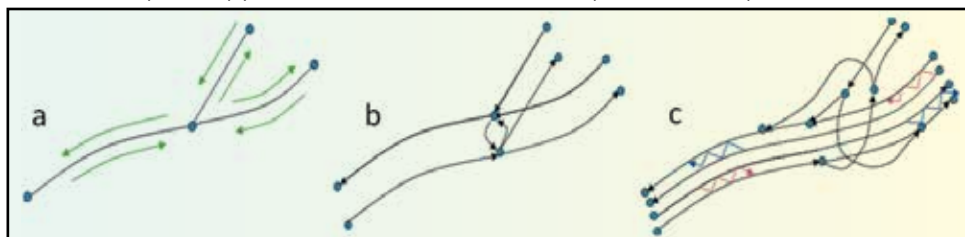


Рис. 1. Трехуровневая детализация улично-дорожной сети (УДС): а) уровень 1 – модель сети на центральных осях дорог; б) уровень 2 – модель сети на основе коридоров движения; в) уровень 3 – модель сети на основе полос движения. Точечные объекты являются узлами УДС, линейные объекты – ребрами сети; гладкими стрелками обозначены направления движения; зигзагообразными стрелками – зоны возможной смены полос

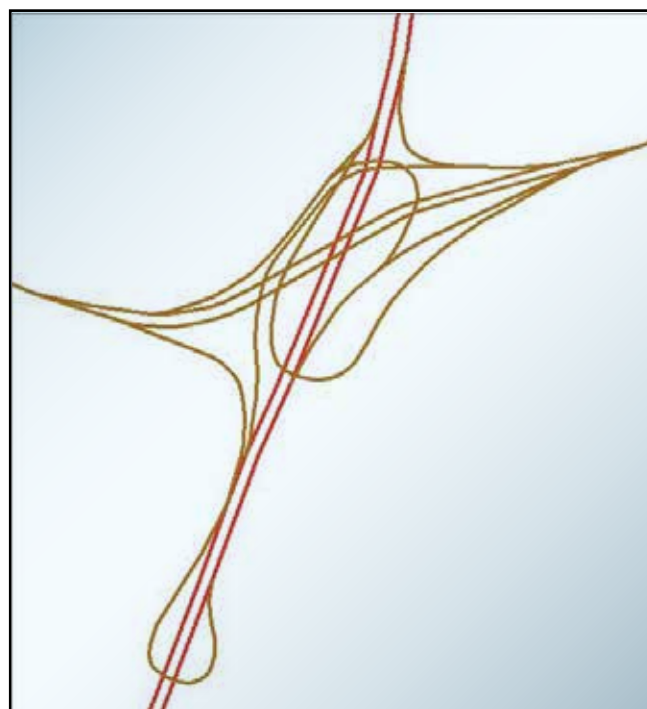


Рис. 2. Коридорная модель развязки на Западном скоростном диаметре (ЗСД) в районе Морского порта



Рис. 3. Территория терминала с причалами



Рис. 4. Подключение терминала к южному участку Западного скоростного диаметра (ЗСД)

фраструктурой и последующего комплексного анализа использования рабочего пространства и осуществляемого в его пределах рабочего процесса – повышения эффективности функционирования терминала – его пропускной способности, равномерности загрузки, ритмичности производственного процесса.

КТ СПб (рис. 3) обслуживает все виды экспортных и импортных контейнеров и имеет следующие характеристики: площадь терминала – 34,5 га; производственная мощность терминала – 430 тыс. TEUs/год; эксплуатационная вместимость – 12114 TEUs; причальная линия под суда-контейнеровозы – 478 м; оснащение 4-мя причальными перегружателями STS, 10-ю складскими перегружателями RTG, автопогрузчиками грузоподъемностью от 3 тонн; наличие информационной системы Solvo.

Терминал обеспечен двухпутной ж/д веткой (ЖД) и автодорогой (АД), выходящей на южную часть ЗСД (рис. 4).

Развитие КТ СПб требует первоочередного решения трех проблем:

- ▶ повышения пропускной способности подходящей к терминалу автодороги;
- ▶ модернизации пересечения ж/д ветки с автодорогой на подходе к терминалу;
- ▶ сглаживания неравномерности и повышения ритмичности рабочего процесса терминала.

Трехмерная интерактивная визуализация посредством модуля ArcGIS 3D Analyst дает возможность со-

вмещения в 3D-сцене информации об объектах порта с общей топографией, батиметрией и траекториями движения судов.

В ходе проекта была создана основа базы геоданных этого терминала (БГД КТ СПб) на базе фрагмента созданной ранее БГД СПб. Затем БГД КТ СПб была обогащена классами объектов и растровыми слоями, необходимыми для решения вышеназванных задач.

С помощью инструментов ArcGIS исходные .dwg-файлы терминала были конвертированы в шейп-файлы с привязкой их методом резинового листа (Rubbersheet) к системе координат модели СПб. На рис. 5 представлен спутниковый снимок территории КТ СПб. С использованием этого снимка терминальный комплекс был привязан к УДС города (рис. 6).

Далее в приложении ArcMap была произведена оцифровка с привлечением новых классов пространственных объектов – контейнеров, площадок их размещения, мест стоянки контейнеровозов и автомобилей,



Рис. 5. Спутниковый снимок Контейнерного терминала Санкт-Петербург (КТ СПб)



Рис. 6. Карта контейнерного терминала в системе координат улично-дорожной сети города



Рис. 7. Оцифрованные объекты терминала



Рис. 8. Трехмерная модель контейнерного терминала

дорожных зданий и сооружений, прочих объектов терминала (всего 21 класс) (рис. 7).

Затем в среде приложения ArcScene плоские объекты были преобразованы в объемные, и таким образом было создано трехмерное представление КТ (рис. 8). Трехмерная модель позволила провести пространственный анализ подъездных путей терминала, разместить и добавить парковочные места контейнеровозов, а также провести проектную модернизацию пересечения АД и ЖД путей.

Стандартная визуализация не является достаточным средством для выработки оптимальных решений, так как визуальная модель не способна имитировать технологические процессы, в которых взаимодействует множество объектов. Однако наглядное рассмотрение взаимодействия этих объектов существенно обогащается при наличии пространственной составляющей анализа. В свою очередь пространственный анализ требует дополнительного привлечения непространственной, технологической атрибутики.

Было проведено исследование пропускной способности системы. Поскольку терминал еще не вышел на проектную мощность, устойчивый поток автотранспортных средств (АТС) пока не сформировался. Ввиду этого обстоятельства моделирование процесса обработки АТС проведено на теоретическом уровне. ТК СПб расположен в черте города, на ограниченных площадях, что обуславливает невозможность экстенсивного развития складского хозяйства и ограниченность пропускной способности подъездных путей. В таких условиях увеличение грузооборота возможно только за счет оптимизации входных и выходных потоков.



Рис. 9. Фронты обмена контейнерами на терминале

На КТ СПб можно выделить три фронта, через которые проходят транспортные потоки (рис. 9). При этом 90% сухопутных потоков обеспечиваются автотранспортом и лишь 10% – железной дорогой.

Проблемы развития Морского фронта связаны с ограничениями возможности причальной линии и площадью терминала. Возможности Автотранспортного фронта ограничены пропускной способностью подъездных путей. В проведенном исследовании основное внимание уделено вопросам улучшения работы терминала на автотранспортном фронте.

Автоматизацию управления всеми операциями с контейнерами обеспечивает система оперативного управления (COY) Solvo.CTMS. А система документооборота (СД) Solvo.DMS предназначена для автоматизации работ по созданию и учету документов, используемых в процессе перевалки грузов на морских и сухопутных терминалах и складах.

Конфигурирование зон обработки автотранспорта.

При обработке автомашины на территории КТ его состояние определяется следующими характеристиками:

- местонахождение автомашины (ячейка);
- статус обработки автомашины;
- возможность изменения информации со стороны СД.

Имеется 8 возможных состояний автомашины при обработке СОУ на контейнерном терминале.

Для зон обработки автомашин введено понятие Список зон, допустимых для обработки на данной автоплощадке (ячейке в зоне обработки автотранспорта). Этот механизм позволяет распределять автомашины по зонам в ходе обработки визита на терминале и создавать маршруты для перемещения автомашин по терминалу.

Описание работы КПП и обстановки на прилегающей к терминалу территории. Въезд на территорию терминала осуществляется через контрольно-пропускной пункт (КПП), способный обрабатывать одновременно 3 полосы движения. В зону КПП входит сервисный отдел с парковочной площадкой вместительностью 15 трейлеров, предназначенной для накопления машин, стоящих в очереди на регистрацию. Перед въездом на территорию накопителя расположен железнодорожный переезд, пересекающий подъездной путь на территорию КТ, время работы которого не согласовано с управлением терминала.

COY Solvo управляет операциями с контейнерами и грузами на территории терминала, однако система не охватывает ситуации на подъездных путях. Уменьшение же времени простоя перед регистрацией играет существенную роль в процессе оптимизации грузообработки терминала.

Увеличивающийся грузооборот контейнеров повлек за собой образование автомобильных "пробок" на ули-

цах, прилегающих к порту. Процесс вывоза контейнеров с КТ СПб имеет хаотичный, пульсирующий характер. Многокилометровые очереди в будни сменяются отсутствием трейлеров по ночам и в выходные дни, а результатом неритмичной работы является замедление роста грузооборота терминала. Неравномерность подачи автотранспорта на КТ приводит к перегрузке зоны обмена и сбоям работы на остальных фронтах КТ.

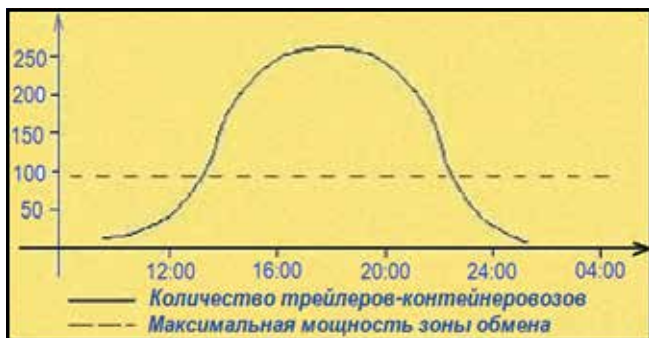


Рис. 10. График поступления трейлеров на КТ СПб

Максимальное количество трейлеров, которое может принять рассматриваемый КТ – 100 трейлеров/час. На рис. 10 изображен график поступлений трейлеров под погрузку/выгрузку, пик приходится на 17:00. В этот период возникает большая “пробка”.

Решением данной проблемы является равномерное перераспределение трейлеров на протяжении всего времени работы терминала. Учитывая максимальную мощность зоны обмена с автотранспортом и емкость (полезную площадь) зоны накопления трейлеров, необходимо реализовать систему порционной подачи автотранспорта на КТ, удовлетворяющей следующим требованиям:

- ▶ обеспечение равномерности входящего потока автотранспорта;
- ▶ полная загрузка зоны обмена;
- ▶ простая схема оформления “визита” на контейнерный терминал клиентами КТ.

Ключом решения этой проблемы является использование технологии “тайм-слотирования”, имеющей следующие основные элементы:

- ▶ соглашения между КТ и транспортными предприятиями на централизованный завоз/вывоз грузов автомобильным транспортом;
- ▶ подача автотранспорта в соответствии с графиком работы терминала;
- ▶ внедрение технологии удаленного оформления “визита” автотранспорта на КТ через Интернет.

Был выполнен расчет количества контейнеровозов, которые КТ в состоянии обработать без появления очередей на городских улицах, исходя из условий бесперебойной работы в наиболее напряженной ситуации.

При решении задачи тайм-слотирования КТ определялись такие показатели, как: среднее количество отгрузок на автотранспорт; среднее количество приема контейнеров с автотранспорта; емкость зон накопления автотранспорта; количество тайм-слотов; продолжительность тайм-слотов. Результаты расчета тайм-слотов: среднее количество отгрузок – 874 конт./сут; среднее количество приема – 668 конт./сут; количество тайм-слотов – 8 шт./сут.; продолжительность тайм-слота – 3 ч.

Рассчитанные таким образом “тайм-слоты” предназначены для опубликования в Интернете, где представители транспортных компаний будут иметь возможность выбора свободной временной ячейки для визита на терминал. Автоматизация управления входящими потоками КТ при внедрении технологии тайм-слотирования позволит диспетчерской службе планировать работы на несколько смен вперед.

Также средствами ArcGIS выполнено эскизное проектирование автодорожной сети КТ, удовлетворяющей разработанной программе тайм-слотирования. При этом основным ограничением для реализации программы явился железнодорожный переезд. Для снятия этого ограничения необходимо:

- ▶ построить эстакаду через этот переезд;
- ▶ расширить накопитель терминала;
- ▶ увеличить ширину проезжей части автодороги.

Для уменьшения времени регистрации контейнеровозов необходимо увеличить:

- ▶ количество окон оформления;
- ▶ количество тальманов, проверяющих трейлеры;
- ▶ площадь зоны досмотра.

Реализация названных мероприятий потребовала пространственного анализа и решений с помощью инструментария ArcGIS. Фрагмент эскизного проекта эстакады приведен на рис. 11.

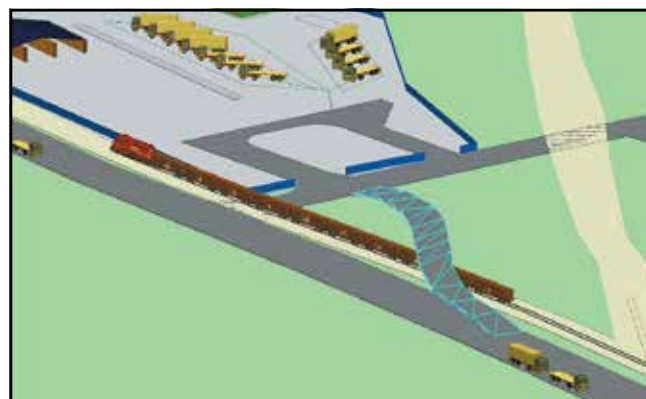


Рис. 11. Эскиз эстакады

Экономическая оценка проекта совмещенного строительства эстакады и внедрения системы тайм-слотирования имеет следующие показатели: полная стоимость проекта – 200 млн руб., срок окупаемости – 3 года. Предложенный проект уменьшит время ожидания водителей перед регистрацией, повысит производительность КТ и привлечет новых клиентов, что позволит сократить время выхода КТ на проектную мощность.

Отработанная методика совместного решения технологических и пространственных задач контейнерного терминала на базе ГИС может быть успешно использована и при модернизации подобных объектов транспортно-логистической инфраструктуры.

Ю. Г. Котиков, д.т.н.,
профессор кафедры Транспортных систем
Санкт-Петербургского государственного
архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ),
В. В. Козаренко, тальман,
ЗАО “Контейнерный терминал Санкт-Петербург”