



Концептуальные основы разработки инженерной модели 3D-станции



Александр ГОЛОВНИЧ

Alexander K. GOLOVNICH

Conceptual Basis for Development of 3D Station Engineering Model
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 51)

Проектирование моделей железнодорожных станций в 3D-формате, обеспечивающих не только фотореалистичность внешнего вида трехмерных объектов, но и имитацию физических законов их взаимодействия. Автор формулирует общие методологические требования на этапе создания подобной модели, показывает специфику реализации проектных решений, связанных со спецификой имитационных задач и информационных технологий.

Ключевые слова: железная дорога, станция, проектирование, физические законы, имитация, модель 3D-станции, информационные технологии.

Головнич Александр Константинович – доктор технических наук, директор Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта Белорусского государственного университета транспорта, г. Гомель, Беларусь.

Проектные работы по переустройству и созданию новых железнодорожных станций основываются на масштабных планах, выполненных, как правило, с использованием цифровых технологий съемки. Двухмерные образы станционных объектов с точной координатной привязкой успешно применяются специалистами для решения различных проектно-изыскательских задач.

Методология проектирования предполагает использование точного масштабного образа в модели двухмерного плана станции. Однако полной масштабной копией реальных станционных объектов такой план не может быть из-за использования многих условных обозначений, не координированных в системе привязки. Например, стрелочный перевод в изображении с центром, строго говоря, не является образом, адекватным действительности. Маневровые и поездные сигналы также резко контрастируют с установленным масштабом плана станции, на котором они изображаются.

НЕИЗБЕЖНАЯ ТРЁХМЕРНОСТЬ

Для проектировщиков принятые правила сочетания масштабных и немасштаб-

ных графических интерпретаций, тем не менее, остаются нормой, зарекомендовавшей себя с положительной стороны благодаря длительному времени своего использования. Никто не соотносит реальные размеры светофора с размерами графического условного обозначения на плане станции в масштабе 1:1000, поскольку линзовая головка светофорного комплекта в данном случае должна достигать диаметра 1,5 м (в действительности — до 250 мм). Пути парков железнодорожной станции, изображаемые в осях, также противоречат логике масштаба (план должен отображать реальные объекты, а не их «следы»). С другой стороны, для крупных масштабов мелкие элементы объектов сливаются (рельсы железнодорожного пути, светофорные головки сигнала, переводные кривые стрелочного перевода), и в результате имеем размытые контуры неопределенной формы. Поэтому в ходу такие псевдомасштабные планы, в которых правильную координатную привязку получают только отдельные контрольные точки графических образов (опорная точка светофора, начало остряка стрелочного перевода по оси пути).

Однако в настоящее время все чаще возникают ситуации, когда одного такого плана с нанесенными на нем объектами в условной графической нотации недостаточно. Если требуется определить технологическую эффективность принимаемого проектного решения по переустройству станции, то на помощь могут придти только расчетные методики с их ограниченным арсеналом аналитических, графических и эмпирических подходов. Если бы была возможность модельного использования полнореалистичного образа станционных объектов в том виде, как мы визуальнo воспринимаем экстерьерный, панорамный облик станции, то появилась бы реальная перспектива моделирования технологических, эксплуатационных задач уже на стадии проектирования, тем самым обеспечивая возможность корректировки плана по результатам такого моделирования.

Имеется целый ряд убедительных примеров, подтверждающих высокую цену проектной ошибки. Так, если

в сложном проекте транспортных коммуникаций допущена ошибка, стоимость устранения которой на стадии проектирования равна 1 доллару, то в случае необнаружения дефекта в проекте стоимость устранения последствий ошибки при эксплуатации объекта способна достигать 100000 долларов.

Подобная модель может рассматриваться только как трехмерная визуализация железнодорожной станции, полностью адекватная реальным объектам, и следовательно, масштабная в самом строгом смысле данного понятия. Одно из горизонтальных сечений трехмерной станции плоскостью — это, по сути, масштабный план с решением различных проектно-изыскательских задач.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОДЕЛИ

Модельный образ железнодорожной станции должен формироваться в адекватной физической и технологической среде, окружающей прототипированные станционные объекты. Поэтому 3D-станция позиционируется как полнофункциональная инженерная модель, являющаяся адекватным аналогом реального мира. Это значит, что существенные признаки взаимодействующих станционных объектов, будучи следствием проявляемых физических законов и технологических требований, переносятся в модельный мир с достаточной точностью их воспроизведения. С этих позиций все объекты инженерной модели погружаются в определенное поле симуляции реальных требований, норм, правил и законов поведения информационных сущностей, наделенных атрибутами массы, скорости, импульса и пр.

В основе всего модельного мира полагаем поверхность эллипсоида, сжатого по полюсам (аналог геоида Земли). На данную соразмерную по величине с нашей планетой (но масштабированную) поверхность накладывается трехмерный рельеф топографической съемки территории расположения объекта. Такая цифровая карта становится подложкой для последующего восстановления на ней трехмерного образа существующей, перестраиваемой или проектируемой железнодорожной станции.



В интересующей нас модельной симуляции должны действовать законы гравитации и инерции. В этом случае любые тела, попадающие в поле модели, начинают вести себя в полном соответствии с точно определенными следствиями указанных законов. При столкновении тел (например, вагонов на железнодорожном пути) часть из них теряет первоначальный импульс в ходе взаимодействия друг с другом за счет трения скольжения и качения, ветровой нагрузки и пр. Все объекты модельной станции формируются как материальные тела, притягиваемые к поверхности эллипсоида. Допустим, модельный железнодорожный вагон должен скатываться с сортировочной горки в полном соответствии с законом сохранения кинетической энергии, сообщаемой маневровым локомотивом при роспуске, и потенциальной энергии тела, поднятого на уровень вершины горки, в совокупности обеспечивающих выполнение работы по скатыванию вагона по определенному профилю спускной части до фиксированной точки подгорочного парка.

Важно отметить, что в данном случае речь идет не только о визуальной непротиворечивости наблюдаемых эффектов на 3D-станции, но и внутреннем согласовании поведения модельных объектов в соответствии с существующими физическими теориями. Обычно трехмерные модели объектов железнодорожного транспорта имеют презентационное назначение, обеспечивая реалистичность представляемых форм. При высокой детализации объектного исполнения иногда удается достичь фотореалистичности образов. Однако структурное наполнение таких модельных объектов отсутствует. Даже состоящий из множества отдельных элементов грузовой вагон, в деталях повторяющий конструктивные особенности кузова, ходовых частей, тяговых устройств и тормозного оборудования, после установки на 3D-путь не будет способен воспроизвести движение посредством поворота колеса.

С помощью ручных манипуляций (для модели — это внешняя сила неустановлен-

ной природы) такой вагон можно переместить в указанное место, зафиксировать его в определенном положении, даже имитируя сцепление с другим вагоном, но физической связи объектов подобными операциями достичь невозможно. Модель с бесструктурными объектами способна формировать лишь «нефизический мир» реалистичных, узнаваемых форм, готовых отображать определенные промежуточные или конечные состояния, адекватные соответствующим прототипам. Однако это будут статичные образы, которые переходят друг в друга посредством каких-то несвойственных, «надмодельных» (совершаемых создателем или пользователем модели) операций.

Таким образом, можно рассматривать два типа моделей: презентационные, способные воспроизводить объекты на уровне визуального подобия, и инженерные, которые вместе с реалистичностью предлагают трехмерный мир структурных объектов, обладающих определенными свойствами, обеспечивающими их взаимодействие друг с другом.

СПЕЦИФИКА РЕАЛИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Современный уровень развития информационных систем позволяет создавать целостные инженерные модели, в которых функционируют объекты, имеющие псевдофизическую природу. Исследования различных систем (PhysX, Havok, Newton Game Dynamics, Unreal Engine), готовых имитировать действие физических законов в некоторой среде, показали, что возможно эффективное применение подобных программных продуктов, эмулирующих адекватное поведение модельных объектов как материальных тел. Применение таких энджинов (физических движков) не требует кардинальной перестройки самих объектов, которые необходимо только «оснастить» требуемыми параметрами. Например, объекты, созданные в 3D MAX, помещенные в мир физических симуляций Unity 3D и наделенные гравитационными

и инерционными признаками, сразу начинают изменять свое состояние и положение в полном соответствии с действиями модельных физических законов.

Внешний физический движок используется как некое внеобъектное силовое поле, в которое погружаются модельные образы, имеющие не только внешние геометрические контуры, но и определенные атрибуты. Возможно, более детальное изучение эффектов используемого модельного поля позволит выявить некоторые отклонения от ожидаемых результатов, расчетных и теоретических траекторий движения и др. Следует учитывать тот факт, что в физических движках заложен алгоритм имитации законов с некоторой (а в ряде случаев и существенной) погрешностью.

Существующие физические движки разрабатывались с определенными целями (в основном – игровыми), в которых фиксировались отдельные, наиболее значимые для достигаемых результатов геймплея следствия таких законов. Естественно, для инженерной модели железнодорожной станции более важными могут оказаться правильное описание поведения объектов при столкновении вагона с приземной земляного полотна тупика, движение жидкости определенного уровня налива в цистерне при соударении вагонов в сортировочном парке после роспуска, результаты длительного воздействия динамических нагрузок от подвижного состава на верхнее строение пути и т. п. Эти задачи никогда не ставились в рамках существующих физических движков и поэтому могут иметь свои трудности при их решении в создаваемой инженерной модели.

Решающим преимуществом «имплантации» симуляционной физики в 3D-модели железных дорог и станций является их оживление. Например, трехмерная модель колеса вагона, помещенная в среду Unity 3D с движком PhysX и наделенная свойством RigidBody [3], сразу катится по наклонной плоскости с траекторией, соответствующей объемной конфигурации самого колеса, смещенному располо-

жению центра масс, рельефу поверхности движения и пр. В результате модель из отражавшей до этого только некоторые фиксированные состояния объектов превращается в модельную видеосъемку динамических процессов, протекающих в определенном согласии с законами физики.

Если некоторые следствия модельных законов не в полной мере описывают соответствующую симуляцию (например, передачу импульса трем порожним полувагонам при ударе груженой 120-тонной цистерны), то существует возможность программной коррекции действия скрипта посредством его замены на более совершенный. Скорее всего, такая процедура окажется достаточно сложной, но в любом случае проще корректировать отдельные коллизии уже имеющегося программного инструментария, который в целом доказал свою полезность, чем разрабатывать его изначально.

Отметим, что практика фирм-разработчиков компьютерных игр основана на обязательном использовании собственного физического движка или движка стороннего производителя как основы реалистичного геймплея. Уже сегодня на высоком качественном уровне созданы программные инструменты описания физики твердого и деформируемого тела, течения жидкости, геометрии канатов и веревок, находящихся под действием силы тяжести, и др. Некоторые из этих законов не имеют особого значения для качественного моделирования процессов, происходящих на железнодорожной станции, другие могут оказаться недостаточными по требуемой точности описания.

Принципиальной в данном случае оказывается возможность количественной оценки результата действия законов модельной физики благодаря относительно простой регистрации нужных параметров. В любом месте модельного объекта можно «навесить» виртуальный датчик (например, на 3D-путь) и через определенные промежутки модельного времени производить съем необходимой информации.



По итогам эксперимента достаточно сопоставить полученные сведения со значениями параметров реальных объектов и сделать вывод о качестве действия модельного закона или его следствиях.

В связи с этим возникает возможность эффективного решения многих теоретических вопросов, связанных с моделированием таких сложных и до сих пор не полностью изученных процессов, как, например, взаимодействие колеса и рельса; критичные напряжения, возникающие в составе поезда при движении по сложному профилю пути, включающему горизонтальные и вертикальные кривые; динамика продольных и поперечных угонов железнодорожного пути, в том числе в кривых и при высоких скоростях движения поездов; деконструкция правильной (проектной, зафиксированной исполнительной съемкой) кривизны круговой или переходной кривой в плане из-за некритичных случайных и критичных направленных воздействий подвижного состава и др. Подобную работу достаточно сложно проводить в реальных условиях, требующих значительных затрат на получение репрезентативной статистики и ее качественную обработку. Физические модельные симуляции смогут помочь в этом, существенно сократив расходы на натурные исследования.

ВЫВОДЫ

Создание эффективной инженерной трехмерной модели железнодорожной станции, как ожидается, позволит на качественно новом уровне решать весь комплекс задач проектно-изыскательского, строительного и эксплуатационного назначения. Использование возможностей модели обеспечит детальную проработку многих задач имитационного характера, решаемых пока при проектировании посредством выборочных и оценочных расчетов, неточность и трудоемкость которых не дает системно оценить качество при-

нимаемых к реализации вариантов. В результате многие объекты, в том числе реконструированные и вновь построенные железнодорожные станции, не во всем удовлетворяют запросы практики по критериям пропускной способности парковых подсистем, загрузки отдельных элементов горловин, задержек на пересечениях маршрутов и т. д.

Современный уровень развития информационных технологий позволяет разрабатывать инженерные модели с высокой степенью аутентичности реальным системам, воспроизведением правильной реакции модельных объектов на действие физических законов. Применение базовых программных продуктов с подстройкой моделируемых следствий таких законов для целей описания технологии работы станции и дополнением физических свойств трехмерных станционных объектов предполагает получить новый эффективный инструментарий в виде завершенной 3D-модели железнодорожной станции, реалистичной не только по виду отображаемых геометрических форм, но и по динамике происходящих процессов в соответствии с объективными законами реального мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степчева З. В., Ходос О. С. Основы геометрического моделирования в Unity3d. Ульяновск: 2012. – 79 с. [Электронный доступ]: <http://www.pandia.ru/text/77/492/55283.php>. Доступ 09.02.2015.
2. Учебник по PhysX Wrapper для Blitz3D. [Электронный доступ]: http://blitz3d.at.ua/publ/uchebnik_po_physx_wrapper_dlja_blitz3d/6-1-0-10. Доступ 12.02.2015.
3. Физика Unity3D (RigidBody). [Электронный доступ]: <https://www.youtube.com/watch?v=nfczxBY1Y5U>. Доступ 11.02.2015.
4. Введение в физический движок. [Электронный доступ]: AGEIA PhysX http://www.uraldev.ru/articles/files/8/PhysX_Math_Primer.doc. Доступ 08.02.2015.
5. Физический движок Эрина Като. [Электронный доступ]: <http://didaktor.ru/fizicheskij-dvizhok-erina-katto/>. Доступ 01.02.2015.
6. Физические движки. [Электронный доступ]: <http://bourabai.kz/graphics/physengine.htm>. Доступ 10.02.2015. ●

Координаты автора: **Головнич А. К.** – golovnich_alex@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 11.02.2015, принята к публикации 25.09.2015.