

ВЕРИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВИРТУАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Головнич А. К.

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта,

Белорусский государственный университет транспорта,

г. Гомель, Республика Беларусь

E-mail: golovnich_alex@mail.ru

Рассматривается возможность создания модели функционирующей технической системы с корректным воспроизведением физических процессов взаимодействия отдельных объектов на основе некоторой исходной инфраструктурной имитации. Отмечается высокая сложность реализации динамической модели такой многообъектной и пространственно распределенной системы как железнодорожная станция. Эффективное использование существующих программных средств моделирования физики и корректных методов расчета взаимодействия тел позволит создать работоспособную процессную модель, которая может оказаться весьма востребованной на практике, как высокопродуктивный механизм предупреждения опасных ситуаций, связанных с отказом технических средств транспорта, приводящим к крушениям и авариям.

Существующие трехмерные модели технических систем представляют собой, как правило, набор объектов, обладающих некоторыми характеристиками, детально и достаточно реалистично отражающих внешнюю форму соответствующих прототипов. Отсутствие формализованного описания физических и технологических процессов, определяющих динамику изменения состояния объектов модели, приводит к тому, что можно наблюдать только статичную форму отдельных графических тел, не способных превратиться в динамическую последовательность сменяющих друг друга положений модельных объектов. Превращение объектной модели в реалистичную процессную сопряжено со сложной схемой расчета трансформации внешних сил во внутренние напряжения, которые могут переходить в деформации и изменения координатного положения отдельных элементов и объектов в целом. Моделирование состояний виртуальных объектов некоторой 3D-локации позволит отражать реальные физические и технологические процессы прототипируемой технической системы. Динамика изменения положения модельных трехмерных объектов в этом случае происходит как следствие передачи сил и давлений от одних конструктивных имитаций другим. При этом предполагается, что корректная реконструкция реальных процессов на уровне соответствующей модели достигается восстановлением структуры, а возможно, и микроструктуры модельных образов, адекватно реальным прототипам, реагирующим на внешние усилия, которые приводят к модельным деформациям виртуальных элементов, отражаемых в соответствующей 3D-визуализации. Для практики работы таких сложных технических систем как железные дороги создание динамической модели с визуализацией процессов, происходящих на стан-

циях и перегонах, имеет исключительное значение. В условиях значительных нагрузок и высоких скоростей движения резко возрастает вероятность отказов и выхода из строя технических средств, что для железной дороги означает наступление опасных состояний пути и подвижного состава, приводящих к авариям и крушениям, нередко связанных с увечьями и гибелью людей. Возможно, подобная модель позволит ответить на основной вопрос: какой характер нагрузки физических и технологических режимов работы железнодорожных станций и перегонов способен породить катастрофные ситуации? Выявление причин возникновения опасных дефектов и контроль за их развитием на уровне соответствующей структурной модели позволит разработать систему упреждающих мер по недопущению их наступления и оперативного устранения.

В настоящее время существующие программные среды физического моделирования (ANSIS, Comsol Multiphysics, T-FLEX и др.) позволяют рассчитать параметры напряженно-деформированных состояний обособленных тел при фиксированных исходных данных. Однако в данном случае мы рассматриваем некоторую систему связанных взаимодействиями объектов (например, железнодорожную станцию), функционирующую в условиях существенно меняющихся входных параметров и различных объектных дефектов, существовавших изначально и возникших в результате действия внешних нагрузок.

Наиболее сложной задачей разработки динамической модели физических и технологических процессов является ее верификация. Процессные явления, прогнозируемые в модельных объектах по результатам расчетов, выстраиваются в определенную временную цепочку, формирующую изменение состояний виртуальных об-

разов. При этом возникают вопросы о степени достоверности расчетных симуляций, приводящих к наступлению тех или иных физических эффектов. Анализ реальных процессов на многочисленных железнодорожных станциях позволяет предположить, что существует ограниченное множество состояний, в которые переходит система не только при фиксированных значениях исходных параметров, но и при их вариациях в определенных границах. Это значит, что если контролируемые величины входных характеристик варьируются в некоторых пределах, то можно ожидать, что рассчитанная динамика модельных образцов на основе некоторых значений параметров будет отражать реальное состояние соответствующих объектов пути и подвижного состава. Возможно, в процессе функционирования технической системы включаются различные компенсирующие механизмы (защитные устройства, контроль со стороны оператора), нивелирующие негативное воздействие внешних сил. Происходит своеобразная модуляция тех влияний, которые способны вызвать наступление опасных состояний отдельных объектов. В результате гигантское множество различных сочетаний факторов, действующих на одиночные и конструкционно связанные объекты системы, укладываются в конечное множество реализуемых состояний.

Моделирование неупругих деформаций, приводящих к дефектам устройств, в таком случае можно связать с оценкой некоторого ряда пороговых величин, не превышение которых гарантирует погашение всех напряжений в объекте и его работу в штатном режиме. Для железнодорожного транспорта могут оказаться особенно ценными модели оценки критических состояний объектов инфраструктуры, после достижения которых с высокой вероятностью быстро развиваются условия, приводящие к крушениям и авариям. Возможно, в природе работает механизм нелинейной трансформации причинно-следственных связей внешних сил и внутренних деформаций объектов технических систем. В таком случае сложность формируемых динамических моделей можно было бы снизить на несколько порядков, одновременно обеспечивая их необходимую достоверность.

Примером реализации подобной процессной модели может быть 3D-конструкция железнодорожного пути с определенным уклоном, на который помещается 3D-вагон. Под действием модельных сил тяготения, трения и внешнего влияния он начинает движение по пути согласно законам физики. Колесные пары распознают пра-

вильный профиль рельсов и при накатывании на стрелку движутся в правильном направлении на смежный путь. Если острия неплотно прижаты к рельсу, то регистрируется коллизия, приводящая к опасной ситуации, которая может привести к взрезу стрелки или сходу вагона с пути. При этом взрез стрелочного перевода в модели рассматривается как результат разрушительного воздействия усилий от колес вагона на неправильное положение острия. Эти процессы являются результатом расчета всех возникающих сил в вагоне и в пути с последующей визуализацией деформаций (изгиба рельса, просадки пути) и перемещений (вагона по пути).

Визуализация результатов модельных расчетов в рамках некоторых границ пространственной локации железнодорожной станции становится возможной при оценке всех системных связей объектов, способных изменить их состояния. В результате возникает реалистичная модельная видеопанорама, предлагающая оператору (дежурному по станции, диспетчеру) прогнозную ситуацию с регистрируемыми потенциально опасными состояниями, которые можно упредить или остановить их развитие.

Моделирование физических процессов на виртуальных объектах предполагает такое воздействие модельных сил тяготения, трения, инерции, которые приводят не только к визуально реалистичным наблюдаемым эффектам, но и адекватным по содержанию, отражая структурные изменения модельных объектов до определенного уровня детализации. Существующие пакеты физического моделирования типа Unity, PhysX, Navok с достаточной точностью могут воспроизводить определенные визуальные эффекты взаимодействия тел. Эффективное использование таких движков наряду с точным расчетом динамики процессов для целостной системы тел пространственной локации может обеспечить адекватность и достоверность модели процессов виртуальной железнодорожной станции.

1. Советов Б., Яковлев С. Моделирование систем. Практикум. М.: Юрайт, 2014. 304 с.
2. Розенцвейг Г. Macromedia Flash 8. Создание игр с помощью ActionScript. Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2006. 576 с.
3. Моделирование с COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс] / Вебинар. Моделирование Джоулева нагрева. – Режим доступа: <http://www.comsol.ru/events/id/53421/> – Дата доступа: 09.09.2015.
4. Булавин Л. А., Выгорницкий Н. В., Лебовка Н. И. Компьютерное моделирование физических систем. М.: ИД Интеллект, 2011. 352 с.