



Особенности экспериментов на процессной трехмерной модели станции



Александр ГОЛОВНИЧ

Alexander K. GOLOVNICH

Features of Experiments based on Process 3D-Model of the Station
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 36)

Изоморфной динамическая 3D-модель может становиться при отсутствии существенных различий между действительным образом и его подобием (прототипом). Теоретическая оценка результатов наблюдения реальных технологических процессов на железнодорожной станции и имитирующих их в ходе экспериментов модельных аналогов, воссоздающих динамику всех операций на основе расчёта и трёхмерного воспроизведения с корректными физическими явлениями тяготения, сопротивления, инерции и наличием прочих сопутствующих реакций. Модельная физика подтверждает возможность реконструировать множественные эффекты управляемых действий в пределах временного кванта рассчитываемых сил.

Ключевые слова: железнодорожная станция, проектирование, процессный подход, эксперимент, 3D-модель, информационные технологии.

Головнич Александр Константинович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Транспортные узлы» Белорусского государственного университета транспорта, Гомель, Беларусь.

Разработка адекватной динамической модели железнодорожной станции, реконструирующей физические и технологические операции обслуживания поездо- и вагонопотоков с визуализацией достигаемых состояний в трехмерных образах, дает возможность получить мощный инструмент для имитации реальных процессов. Структурно-функциональное подобие 3D-модели прототипным объектам станций (железнодорожным путям, вагонам, локомотивам) приближает модельную интерпретацию по форме и содержанию к происходящим процедурам при расформировании поездов, подаче, выгрузке, погрузке вагонов на грузовых пунктах и т.п. Модель железнодорожной станции, объекты которой функционируют в соответствии с физическими законами движения тел и требованиями технологии, может быть применима для различных экспериментов, заменяя использование ресурсов реальной станции.

ВОЗМОЖНОСТИ НАТУРНОГО И МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЯ

Передача функций натурального эксперимента модельной реконструкции связывается с выполнением условия одинаковой до-

стоверности репрезентативной реальной статистики и выборки, получаемой в результате съёма данных с виртуальных датчиков, установленных на модельных объектах. В этом случае следует учитывать тот факт, что результаты экспериментов на модели будут не идентичны, но близки к исходам на аналогичных объектах прототипа. Процессная реконструкция сложных технологических операций с вагонопотоками как динамическое развёртывание событий с учетом физических взаимодействий между телами может быть достаточным приближением к функционированию реальной станции.

При необходимости получения достоверного аналитического материала по состоянию объектов в процессе эксплуатации, выявлению причин возникновения значительных напряжений и деформаций в сложных конструктивных элементах пути и подвижного состава наиболее надежным способом является проведение именно натурного эксперимента [1]. Однако надо отметить, что сам он также проводится на своеобразном модельном стенде (физическом), определенным образом подготовленном для съёма заданной информации.

Из всех станционных объектов выбирается некоторый участок пути, на котором устанавливаются устройства считывания информации в полном соответствии с планируемым экспериментом. Производится ограждение территории, минимизируются все внешние воздействия, способные нарушить чистоту эксперимента. В этом отношении натурное экспериментирование можно рассматривать как некоторый многократно повторяемый опыт с сохранением исходных позиций в его проведении. Однако все начальные условия натурного эксперимента обуславливаются действием множества случайных факторов и становятся несколько отличными от предыдущих. По ряду причин объективного характера (несовершенства считываемого оборудования, стохастического характера проявления влияющих факторов, коррелированного действия сил и др.) результаты таких экспериментов несут в себе определенную стохастическую ошибку. Более совершенные приемы и методы съёма информации, несомненно, будут приводить к более точным выводам.

Второй причиной невозможности идентичного воспроизведения результатов на-

турного эксперимента становятся ошибки в процедуре регистрации измерений. Например, измеряется скорость ветра V и сила ветровой нагрузки f , действующих на отцеп при роспуске с горки в момент времени t_0 , которые при многократном повторении распределяются в интервалах $[V_0 - \Delta V_1, V_0 + \Delta V_2]$ и $[f_0 - \Delta f_1, f_0 + \Delta f_2]$. Все измерения проходят за некоторый промежуток времени $[t_0 - \Delta t_1, t_0 + \Delta t_2]$. На выходе фиксируются некоторые усредненные, зарегистрированные в момент $t_0 + \varepsilon_1$, значения V_0 и f_0 . Во время некоторого следующего акта эксперимента на результат могут оказывать действие факторы, отсутствовавшие до сих пор или мало-значимые для данного эксперимента, но в совокупности своего совместного действия способные привести к иному итогу, что, собственно, и происходит в реальных условиях. В этих условиях датчик сработает в момент времени $t_0 + \varepsilon_2$, обрабатывая несколько иной график ветровой нагрузки в диапазоне $[t_0 - \Delta t_3, t_0 + \Delta t_4]$. Статистическая обработка нивелирует такие отклонения, которые в силу своей случайности имеют, как правило, симметричные распределения.

Использование модели вместо натуральных образцов определенным образом меняет общую картину, которая формируется при действии упрощенных модельных правил, отсутствии случайных факторов и множественной корреляции их влияния и т.д. Повторить модельный эксперимент при заданных исходных условиях может оказаться достаточно просто с большой вероятностью получения результата, совпадающего с предыдущим экспериментом. Поэтому при неизменных входных данных в модели нет необходимости проводить многократные наблюдения — их результаты будут практически идентичны.

Колебания исходов натуральных экспериментов и постоянство модельных реконструкций теоретически должно быть связано в том смысле, что результат модельного эксперимента стремится к математическому ожиданию значительной по объёму статистической выборки натуральных данных. Простая модель относительно сложной реальной технической системы рассматривается как ее некоторый субстративный конгломерат, «сухой остаток» от всех сложноподчиненных, многоуровневых влияний различных факто-



ров, в котором остались только постоянно действующие, устойчивые во времени основные воздействия, существенные для правильного исполнения технологической операции в диапазоне допускаемых отклонений.

Естественно, простота модели относительна. Для ее использования структура объектов должна некоторым образом воспроизводить физические и технологические эффекты в заданных пределах значений реальных параметров, корректно имитировать объективные нелинейные процессы (например, при арифметической прогрессии роста значения параметра X_i приводить к геометрической прогрессии роста эффекта E_j , регистрируемого в действительности).

Достоверность модельного эксперимента должна подтверждаться сопоставляемыми исходами на натуральных объектах. Однако кроме корректного воспроизведения результатов реальных опытов модель призвана обладать предсказательными возможностями. В противном случае полезность такой сложной модели с реконструкцией физических эффектов сомнительна, поскольку можно и без нее провести натурный эксперимент и воспользоваться полученными результатами с гарантированной достоверностью для решения необходимой прикладной задачи.

Инженерная (процессная) модель станции должна обладать высоким подобием по своему функционалу реальному прототипу на железной дороге. Речь идет о том, что состояние модельных объектов изменяется согласно математическим расчётам в таком же направлении, в каком происходит изменение состояний реальных станционных объектов при действии определенных нагрузок (силы тяготения при скатывании отцепов с горки, силы инерции при соударении вагонов в сортировочном парке, сил сопротивления при торможении состава на устройствах удержания и др.). При этом количественные эффекты, наблюдаемые на модели (скорость движения вагонов, длина тормозного пути), должны соответствовать реально регистрируемым явлениям, возникающим при равных исходных условиях. Возможны определенные отклонения искомым значений параметров модели от прототипируемых процессов. Более детальные в структурном и функциональном отношении имитации

сужают область допускаемых ошибок, позволяя формировать адекватные модели. «Вкрапление» в результаты действий особых факторов, которые рассеивают получаемые детерминированные значения параметров в полном соответствии с реальными процессами, еще более приближает модель к исходам натурального эксперимента.

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭКСПЕРИМЕНТА НА 3D-МОДЕЛИ

Эксперименты на визуальной модели позволяют концентрировать внимание на существенных конструктивных элементах и технологических операциях, экспертно оценивать реальный процесс, ранжируя значимые факторы взаимного влияния в динамике явлений. 3D-модель станции следует рассматривать как наглядный реконструктивный образ, создающий комфортную среду для исследователя с целью изучения неизвестных закономерностей взаимодействия в системах колесо-рельс, вагон-груз, локомотив-вагон и т.д. Наблюдение за функционированием псевдофизической модели, адекватной железнодорожной станции, воспринимается как эксперимент на реальных объектах, проводимый в безопасных условиях, менее трудоёмких, не требующих значительных затрат на подготовку к работе, не влияющих на деятельность других подразделений станции [2, 3].

Такой реконструктивный аналог реальной станции представляется как изоморфная 3D-модель станции, наблюдаемая на экране дисплея в виде последовательности кадров изменяющихся объектов. Зрительно она воспринимается как видеосъёмка некоторого технологического процесса, исполненного на реальной станции. Высокая степень детализации внешних форм модельных объектов, неотличимых от вида соответствующих прототипов, дополняется структурно-функциональным подобием, когда компьютерные репродукции вагонов и путей изменяют свое положение под воздействием определенных модельных, рассчитанных в полном соответствии с параметрами реальных устройств нагрузок. В этом случае эксперименты на таких изоморфных моделях после проведения верифицирующих процедур могут обеспечивать опытные исследования с высоким доверием к получаемым результатам.

На изоморфных 3D-моделях станции можно с успехом изучать состояния объектов в пограничных и критических ситуациях, когда постановка и проведение аналогичных испытаний в реальных условиях не могут быть выполнены по соображениям безопасности (например, определение зоны химического поражения при аварии железнодорожного подвижного состава с опасными грузами окисляющих, ядовитых, инфекционных и других веществ; моделирование схода вагонов с пути в кривой перед сложной развязкой с автомобильными и железными дорогами; определение предельной скорости движения поезда с конкретной схемой расположения в составе порожних и груженых, универсальных и специализированных вагонов при прохождении сложных кривых в плане и профиле).

Модельная физика позволит реконструировать множественные прямые и косвенные эффекты действия взаимоскоррелированных условий и факторов, рассчитать и визуализировать состояния объектов, достаточно удаленных по времени от позиций столкновения объектов. При этом детально фиксируются не только отдельные кадры, как в реальной киносъемке, но и записывается состояние каждой точки цифрового объекта, с которого можно снять данные в любой момент времени в пределах временного кванта рассчитываемых сил, напряжений, возникающих деформаций. Так как все критические ситуации происходят за весьма незначительный период (секунды и доли секунд), то последующее изучение компьютерной анимации изоморфной модели станции с растяжкой шкалы времени в 20 и более раз позволит провести детальный анализ, выявить особо опасные точки и поверхности взаимодействующих объектов, интервалы времени, требующие конструкционного усиления элементов, ограничения скорости при некоторых сочетаниях величин физических характеристик и прочего.

Стоимость разработки изоморфной 3D-модели станции предполагается значительной, нужны усилия многих специалистов

в области алгоритмизации, программирования, вычислительной математики, физики, системного анализа, опытных технологов-транспортников. Однако возможности такой модели, как системной среды, соизмеримы с потенциалом реальной технической системы, обеспечивающей исследования закономерностей действия объективных связей натурным и статистическим материалом. Модельное воспроизведение технологических процессов станет адекватной заменой натурному экспериментированию с сопутствующими высокими издержками, сложным механизмом планирования и контроля всех этапов проведения эксперимента.

ВЫВОДЫ

Инженерная модель станции по форме и содержанию может быть приближена к своему прототипу настолько, чтобы стать полноценной заменой для получения определенных статистических данных по различным проблемным аспектам функционирования транспортной системы, изучения сложных явлений, возникающих при действии неисследованных факторов (сверхвысоких скоростей, жесткого радиоактивного излучения, аномальных давлений и температур и др.).

Изоморфной динамическая 3D-модель станции становится при отсутствии существенных различий между имитирующими технологические операции процедурами и реальными физическими процессами, порождающими эти технологические операции. При этом значительно расширяются возможности такой репродуцирующей среды, особенно в части моделирования опасных ситуаций, приводящих с высокой вероятностью к крушениям и авариям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидняев Н. И., Вилисова Н. Т. Введение в теорию планирования эксперимента. – М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 463 с.
2. Головнич А. К. Физические свойства объектов инженерной модели 3D-станции // Мир транспорта. – 2015. – № 4. – С. 25–34.
3. Головнич А. К. Технологические свойства объектов инженерной модели 3D-станции // Мир транспорта. – 2016. – № 2. – С. 34–42.

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

Статья поступила в редакцию 07.02.2017, принята к публикации 21.04.2017.

