

Вадим Никитин
Брестский политехнический
институт

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Объективные процессы развития общественного производства выдвинули сейчас на первый план задачи совершенствования традиционных и создания новых технологий с целью выпуска более эффективной продукции, повышения производительности труда и изменения его социального содержания. При этом для обоснования того или иного решения используется комплекс средств, обеспечивающих получение, накопление и переработку информации о технологическом процессе, который с позиций системного подхода рассматривается как сложная техническая система. Основным способом получения информации о реальной системе является моделирование.

В силу традиций, сложившихся в технологии строительных материалов и конструкций, образ мышления и тенденции в развитии методов моделирования в значительной мере связаны физическим экспериментом и традиционным теоретическим подходом. Однако при решении постоянно усложняющихся задач, стоящих перед инженерами и учеными в области технологии производства строительных материалов и конструкции, все чаще выясняется ограниченность традиционных методов и подходов. С такой ситуацией обычно сталкиваются при анализе и оптимизации действующих технологических процессов, создании стойких к внешним воздействиям строительных материалов и прогнозировании их долговечности, проектировании новых технологий, когда в сжатые сроки сложно или невозможно сформировать информационные ресурсы необходимые для принятия обоснованных решений из-за трудностей измерения или оценивания показателей, характеризующих процесс и свойства изделий.

При решении отмеченных проблем предлагается руководствоваться принципом множественности методов моделирования и моделей, позволяющим успешно преодолевать ограниченность традиционных теоретических и экспериментальных методов. На основе этой методологии был выполнен анализ и оптимизация технологических процессов производства изделий строительной керамики /1,2 и др./, выбраны цементные растворы для имитации глиняного кирпича и бело-

го камня и технология объемной и поверхностной подготовки реставрируемых каменных конструкций памятников архитектуры /3,4 и др./, осуществлено прогнозирование долговечности защитных и отделочных покрытий строительных конструкций /5,6/, создана методика инженерных расчетов технологических параметров нового способа производства легких многослойных строительных конструкций, базирующаяся на результатах математического моделирования и вычислительного эксперимента /7,8,9 и др./.

Выбор решений требует построения и использования различных математических моделей. Для успешного выполнения этапа построения математической модели действующего технологического процесса необходимо как можно полнее учитывать его особенности, благодаря которым задача оптимизации сложной технической системы становится уникальной. Специфика производства изделий стеновой керамики вынуждает делать ставку на методы одноэтапной оптимизации, связанные с построением адекватных и достаточно информативных моделей в виде полиномов различных классов, в которых оценки коэффициентов определяются по данным натурного эксперимента. Сложность, ответственность, высокая стоимость и трудоемкость опытов на действующей технологической линии диктует такую стратегию экспериментирования, которая направлена на минимизацию числа этих опытов. Поэтому при подготовке промышленного исследования широко использовались возможности богатого арсенала методов теории планирования эксперимента, интуиция и опыт заводских технологов, проводились опыты в условиях заводской лаборатории, анализировались архивные и текущие данные, накапливаемые на объекте в режиме нормальной эксплуатации. Полученная информационная модель позволила экономно и в краткие сроки провести промышленный эксперимент, обеспечивший данными для достоверной оценки параметров выбранных полиномиальных моделей.

При решении аналогичной задачи на стадии освоения производства керамической плитки с циклом 60...80 мин у заводских технологов отсутствовал опыт эксплуатации конвейерной линии, но зато имелась возможность проведения непрерывного промышленного эксперимента и исключения этапа лабораторных исследований. Все это позволило снять трудности масштабного перехода, сократить сроки решения поставленных задач, добиться желаемой степени детализации математических моделей, реализовать идеи эволюционного планирования эксперимента и процедуры многоэтапной оптимизации.

Результаты натурального моделирования закреплены стандартами предприятия, использованы для оценки перспектив дальнейшего развития, при проведении НИР для создания АСУ ТП, при выработке решения о строительстве новой линии по производству глиняного кирпича.

Промышленные исследования обычно связаны с решением задач, которые, как правило, сводятся к четко поставленным математическим задачам оптимизации. Однако уже при постановке многих реальных задач приходится сталкиваться с различными типами неопределенностей, отражающих недостаточность наших знаний об объекте исследования. Такая ситуация возникла при создании долговечных имитационных материалов для реставрации камня памятников архитектуры. Реставрируемые участки следует рассматривать как двухслойную конструкцию, сочетающую материалы с различными свойствами таким образом, чтобы обеспечить их длительную совместную работу в условиях агрессивного воздействия внешней среды. Здесь нельзя описывать процессы, происходящие в одном слое, не принимая во внимание другой слой. Возникла проблема неопределенности цели и природной неопределенности.

В условиях, когда не удовлетворяется принцип информационной достаточности, когда трудно сразу же принять решение, которое бы при практической реализации обеспечивало успех с минимальным риском, в качестве основного методологического принципа использовался принцип последовательного раскрытия (снятия) неопределенностей. Этим принципом обусловлена необходимость разбиения процесса исследования на несколько последовательных этапов, дающих возможность ввести дополнительную информацию для уточнения стратегии экспериментирования в соответствии с уточняемой неопределенностью задачи. Экономия затрат на получение информации на каждом этапе исследования достигалась нами путем мысленного проигрывания той или иной возможной стратегии на множестве методов теории планирования эксперимента.

В процессе реализации выбранной стратегии было достигнуто такое понимание объекта исследования, при котором появилась возможность выработки практических рекомендаций по всему комплексу работ по консервации каменной кладки. Эти рекомендации доведены до уровня реставрационных нормативов и используются различными организациями.

Трудно удовлетворить принцип информационной достаточности при решении проблемы прогнозирования долговечности строительных материалов и конструкций, когда необходимые данные невозможно получить с помощью физического эксперимента. Поэтому наряду с формализованными процедурами использовались интуитивно-эвристические методы моделирования, позволяющие выбрать более гибкую стратегию решения задачи. Таким путем были построены модели усталостной выносливости и долговечности лакокрасочных трещиностойких покрытий для защиты от коррозии железобетонных строительных конструкций, эксплуатируемых в газонасыщенных средах.

В доступном эксперименте воспроизводились условия работы покрытий на железобетонных конструкциях с трещинами, которые при циклических воздействиях раскрывались и закрывались. Полученные данные и интуитивно задаваемые гипотетические функции использовались при построении моделей усталостной выносливости. Для перехода от усталостной выносливости покрытия, оцениваемой числом циклов деформирования над трещиной до разрушения, к его долговечности, понимаемой как время безотказной работы, был выбран наиболее подходящий для рассматриваемого случая принцип расходования ресурса по Фрейденталю.

В другом случае было выполнено решение задачи по оценке остаточной долговечности гипсового декора и известково-гипсовой штукатурки памятника архитектуры, эксплуатировавшегося 195 лет. На постановку этой задачи большое влияние оказала методология теории форсированных испытаний. Сложная и комплексная проблема построения методов форсированных испытаний потребовала решения ряда взаимосвязанных задач, которые были конкретизированы с учетом специфики объекта исследования. При оценке долговечности материалов внутренней отделки памятников архитектуры нельзя достаточно полно восстановить историю их изготовления и эксплуатации. Это затрудняло определение израсходованной части общего ресурса материала и момента его отказа. Не ясно в какой мере измерения в эксперименте параметры отражали внутреннее состояние материалов и отслеживали деструктивные процессы. Поэтому возникали сомнения при переходе от измеренных данных к долговечности. Для снятия возникших неопределенностей потребовалось сформулировать ряд исходных предпосылок и проверить их в ходе моделирования.

При моделировании технологии производства легких многослойных строительных конструкций практически была исключена возможность физического эксперимента. Поэтому использовался новый подход, реализующий широкие возможности ЭВМ, достоинства аналитического и эмпирического методов, сочетающий формальные и неформальные процедуры. Такой подход объединяет фактически все методы моделирования и в настоящее время представляет собой универсальную научную методологию /10/. Универсальность и эффективность новой методологии, отражающей основные этапы процесса познания в компьютерном воплощении и позволяющей сэкономить время и средства при поиске рациональных решений в условиях неопределенности, доказана при решении разнообразных задач. Однако в технологии строительных материалов и конструкций методологическое обеспечение данного направления как научного инструмента моделирования сложных систем разработано пока недостаточно. Проведенное нами исследование в определенной мере восполняет этот пробел.

Выполненная постановка задачи содержит все компоненты стандартно поставленной задачи обоснования решения в условиях неопределенности: объект выбора, условия выбора и правило выбора. При построении математического описания и моделирующего алгоритма различных переделов процесса был использован ряд основных положений технической гидродинамики, физики, механики твердого тела, закономерности вспенивания реакционноспособных полимерных композиций и принцип особых состояний системы. После создания программной модели (диалоговая система имитации) проводился вычислительный эксперимент и формировались необходимые информационные ресурсы.

Путем вычислительного эксперимента удалось изучить и понять поведение объекта исследования, выяснить границы, в которых возможно его нормальное функционирование, и получить данные для создания методики инженерных расчетов. Эта методика, представленная в виде комплекса приближенных формул и номограмм, использована при проектировании технологического оборудования и выборе технологического регламента, позволяющего равномерно распределять полимерные композиции в закрытых полостях панелей при периодическом и непрерывном способах их производства, снизить расход композиции и неблагоприятное влияние различных факторов на качество изготавливаемых изделий.

Литература

1. Освоение производства керамических фасадных плиток /И.Д.Кузьмин, Г.Л. Селюк, О.И. Никитина, В.И. Никитин //Стекло и керамика.— 1979.— № 6.— С. 28-29.
2. Никитина О.И., Никитин В.И., Кузьмин И.Д. Использование метода планирования эксперимента для повышения качества керамического кирпича //Строительные материалы. — 1984. — № 6.— С. 15-16.
3. Обьедков В.А., Никитин В.И., Таратута В.Д. Методика создания долговечных имитационных материалов для реставрации камня памятников архитектуры //Методика и технология консервации и реставрации памятников истории и культуры: Сб.научн. тр. НМС МН СССР.—М., 1988.— С. 5-16.
4. Никитин В.И., Аксенова И.В., ПучковЮ.М. Применение комбинаторного плана при определении удельного электрического сопротивления строительных материалов //Вопросы температурно-влажностного режима памятников истории и культуры: Сб.научн. тр. НМС МН СССР.—М., 1990.— С. 5-18.
5. Долговечность лакокрасочных покрытий для защиты железобетонных конструкций /В.И. Никитин, В.А. Езерский, В.В. Шнейдерова, С.Е. Соколова //Вопросы строительства и архитектуры.— Минск, 1983.— Вып. 15.— С. 46-50.
6. Шнейдерова В.В., Соколова С.Е., Никитин В.И. Долговечность конструкций с лакокрасочными покрытиями в агрессивных средах //Бетон и железобетон.— 1983.— № 3.— С. 36-37.
7. Никитин В.И., Гурьев В.В. Разработка математической модели для литья вспениваемых полимеров при производстве слоистых конструкций // *Plaste u. Kautschuk*. — 1989.— № 9.— С. 308-311.
8. Никитин В.И., Гурьев В.В. Расчет геометрических параметров литьевых инжекторов для вспенивающихся полимеров для производства сэндвичевых конструкций // *Plaste u. Kautschuk*.—1991.— № 2. — С. 56-58.
9. Никитин В.И., Гурьев В.В. Разработка математической модели непрерывной технологии литья для производства сэндвичевых плит из вспененных фенольных смол // *Plaste u. Kautschuk*. — 1991.— № 6.— С. 208-210.
10. Самарский А.А. Неизбежность новой технологии //Коммунист.— 1989.— № 1.— С. 82-92.