

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ*****В. В. Зиновьев, П. В. Гречишкин (Кемерово)**

В настоящее время каждый инженер имеет в своем распоряжении персональный компьютер, который использует для подготовки документов, хранения данных, статистического учета, стандартных расчетов. Но часто возникают практические задачи описания и исследования систем, в которых необходимо оценить влияние множества случайных факторов, учесть сложное взаимодействие элементов во времени и пространстве, провести многовариантный анализ с целью выбора наиболее эффективного решения, изучить процессы, происходящие в новых объектах.

Для решения подобных задач применяют имитационное моделирование, при котором динамика системы отображается в компьютере не последовательностью уравнений, а некоторым алгоритмом, моделирующим ее поведение. После экспериментов с такой моделью инженер выбирает и реализует на практике лучший вариант системы.

Развитие имитационного моделирования началось в 50-х годах. Сначала имитационные модели разрабатывали на языках типа Фортран. В 60-х годах появились и стали развиваться специализированные языки имитационного моделирования GPSS, SIMSCRIPT, GASP, SLAM, которые значительно упростили процесс создания моделей и расширили границы приложения имитационного моделирования. В 80-х годах стали разрабатывать имитационные системы (среды), содержащие интерфейс для «непрограммирующего пользователя», входные и выходные анализаторы, возможность анимации моделируемого процесса. В наше время на рынке программного обеспечения для имитации предлагается более 60 мощных продуктов имитационного моделирования, таких, как Arena, AutoMod, AnyLogic, Extend, GPSS World и др.

В статье представлен опыт применения программных средств имитационного моделирования для решения проблем в различных областях техники и технологии.

Горное дело

Горным инженерам приходится решать задачи оценки и выбора вариантов ведения горных работ, где необходимо воспроизвести взаимодействие горных машин во времени и пространстве с учетом параллельности операций работы комбайна и крепления выработанного пространства, передвижки конвейера и крепи сопряжения, погрузки горной массы и наращивания коммуникаций. При этом нельзя пренебрегать влиянием многих случайных и заранее неизвестных факторов, таких, как изменяющиеся физико-механические свойства вмещающих пород, продолжительности технологических операций крепления забоя, бурения шпуров, замены резцов на шнеках комбайна. Из-за высокой стоимости реализации альтернативных технико-организационных вариантов моделирование становится единственным средством решения подобных задач.

При помощи программного комплекса компьютерной имитации GPSS/H[®] и анимации Proof Animation[®] (Wolverine Software Corp., США) нами разработаны имита-

* Работы, представленные в статье, выполнялись по: гранту Научного Комитета НАТО (OUTR CRG № 960628 «Имитация и анимация процессов добычи угля в России», 1997-1998 гг.); проекту ФЦП «Интеграция» (У0043/995 «Подготовка кадров в области информационных технологий производства для Кузбасса», 2002–2006 гг.); гранту Губернатора Кемеровской области для поддержки молодых учёных – кандидатов и докторов наук и премирования научных руководителей молодых учёных – кандидатов наук, 2006 г.; проекту РФФИ №07-08-960030 «Исследование процессов горения измельченного твердого топлива в высокотемпературном циклонном реакторе», 2007–2009 гг.

ционные модели традиционных и роботизированных технологий проведения горных выработок комбайновым и буровзрывным способами [1]. Сымитирована работа групп шахт и разрезов с учетом случайных затрат на добычу, ввода и выбытия производственных мощностей, колебаний цен на уголь [2]. С использованием проблемно-ориентированного имитатора NetStar 2.02b (Кемеровский научный центр СО РАН, Россия) созданы модели очистных работ [3].

Технологии проведения выработок отображены многоканальными многофазными замкнутыми системами массового обслуживания, которые реализованы на специализированном языке GPSS/H[®]. Динамика процессов отображена при помощи языка анимации Proof Animation[®].

В экспериментах изменялись время технологических операций, длина выработки, емкость средств доставки. Оценивались время и трудоемкость проходческого цикла, коэффициенты использования горных машин.

Для создания моделей очистных работ применен проблемно-ориентированный имитатор сетей Петри–NetStar 2.02b (рис. 1). С использованием языка программирования Borland Delphi 6 разработана система динамического моделирования, которая предназначена для проведения экспериментов с различными технико-организационными вариантами работы забоя и ориентирована на горного инженера, не владеющего математическим аппаратом сетей Петри и программированием (рис. 2).

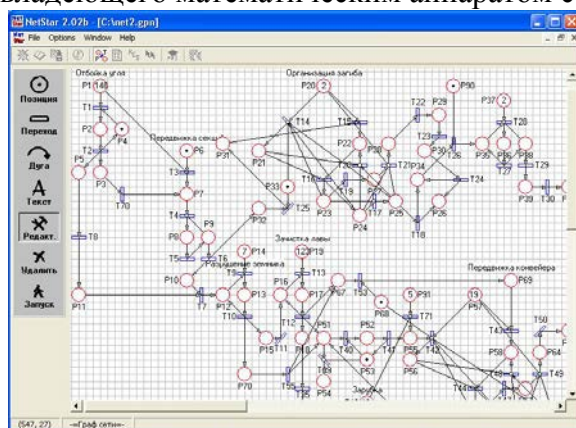


Рис. 1. Модель очистных работ в имитаторе сетей Петри–NetStar 2.02b

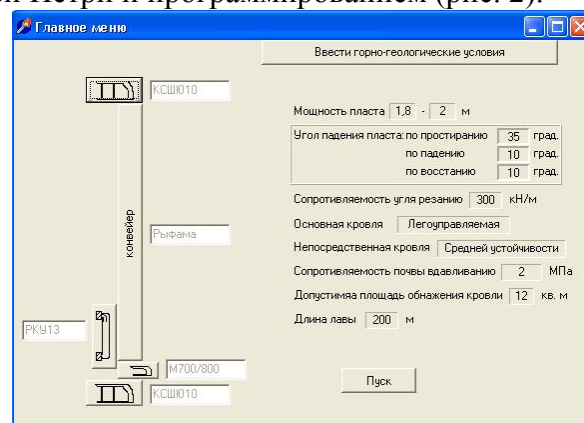


Рис. 2. Меню системы динамического моделирования очистного забоя

Пользователь вводит условия выемки и формирует комплект забойного оборудования. Данные по типам, типоразмерам оборудования и их характеристикам хранятся в базе данных. В результате имитационного эксперимента определяется время выемочного цикла и производительность забоя.

Имитационные эксперименты на моделях горных работ позволяют на стадии проектирования или реорганизации производства решать такие задачи, как:

- сопоставление технико-организационных вариантов ведения горных работ;
- выявление эффективных путей повышения производительности действующих, а также проектируемых проходческих и очистных забоев;
- выбор стратегии развития горных работ;
- управление группой горнодобывающих предприятий в условиях рынка.

Машиностроение

В современных рыночных условиях существует необходимость создания новых, высокоэффективных автоматизированных производственных систем (АПС), обеспечи-

вающих изготовление продукции небольшими партиями с сохранением уровня производительности, качества и себестоимости крупносерийного производства.

Разнообразие оборудования и способов организации работ на машиностроительном предприятии требуют многовариантного анализа технологических процессов и выбора наиболее эффективного варианта структуры АПС.

Выполнение технологических операций зависит от множества случайных факторов (смена инструмента, регулировка механизмов, брак изделий, переналадка механизмов в связи с переходом на изготовление другого изделия и др.), которые называют внецикловыми потерями. Они существенно влияют на фактическую производительность автоматизированного производства. Их практически невозможно ввести в существующие методики аналитических расчетов.

Технологические процессы в АПС интерпретированы в терминах специализированного языка GPSS/H[®]. Разработаны имитационные модели автоматизированных производств на основе известных транспортных средств [4].

С использованием языка Visual Basic разработана система имитационного моделирования автоматизированных производств (СИМАП), позволяющая непрограммирующему пользователю исследовать влияние временных характеристик оборудования на производительность системы и выбирать рациональное сочетание оборудования и планировку участка.

При использовании СИМАП выбирают вариант АПС по типу транспортной системы. После этого осуществляется автоматический поиск соответствующей GPSS/H-модели из библиотеки. Затем komponуют рабочие места, задают тип и количество оборудования, вводят его временные характеристики (рис. 3). Запускают интерпретатор и анализируют результаты моделирования – производительность АПС, загрузку рабочих мест и другие параметры.

При помощи системы имитационного моделирования автоматизированных производств возможно:

- проводить сравнительную оценку вариантов АПС и выбирать наиболее эффективный вариант;
- оценивать производительность автоматизированной системы при учете внецикловых потерь;
- находить пути повышения степени использования оборудования путем согласования технологических операций во времени и пространстве;
- выявлять и устранять «узкие места» в технологическом процессе.

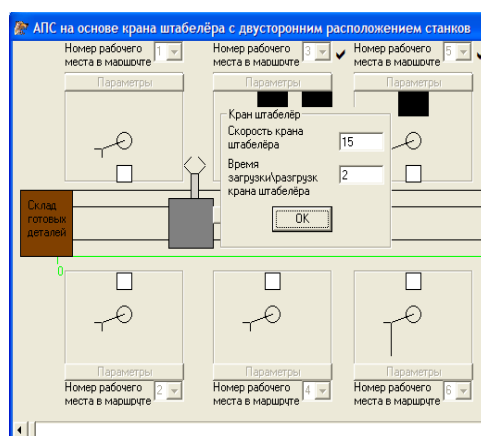


Рис. 3. Окно системы имитационного моделирования автоматизированных производств для ввода параметров крана-штабелера

Теплофизика и энергосберегающие технологии

Сотрудниками лаборатории проблем энергосбережения Кемеровского научного центра СО РАН совместно со специалистами Кузбасского государственного технического университета ведутся работы по созданию гравитационно-рециркуляционной вихревой топки (ГРВТ), используемой для трудносжигаемых материалов (овощные отбросы, угли с высоким содержанием золы, некоторые минеральные руды и т. п.) [5].

Для исследования процессов горения измельченного твердого топлива в ГРВТ нами делаются попытки применения имитационного моделирования. В качестве программного средства выбрана среда имитационного моделирования Extend 6.0[®] (Imagine That, Inc., США). Это современное программное обеспечение позволяет строить непрерывные, дискретные и смешанные, статические и динамические, детерминированные и стохастические модели, а также реализовать структурный подход для их построения.

Закон Аррениуса в среде Extend 6.0[®] будет выглядеть, как показано на рис. 4. Полученную модель можно сделать самостоятельным модулем, имеющим постоянную структуру, изменяемые параметры, а также свои входы и выходы (в данном случае только один выход – скорость химической реакции). Так же были построены модели остальных компонентов коэффициента реакционного газообмена α , учитывающего течение химической реакции на внешней и внутренней поверхности частицы. Модель горения твердой частицы (α) в среде Extend 6.0[®] представлена на рис. 5.

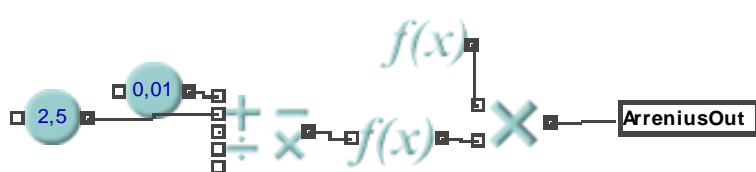


Рис. 4. Закон Аррениуса в виде модели в среде Extend 6.0[®]

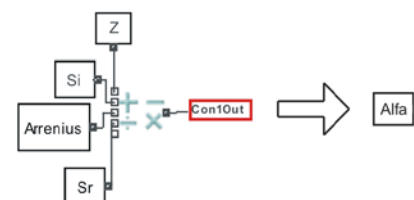


Рис. 5. Приближенные модели горения частицы в Extend 6.0[®]

Полученный модуль «Alfa» будет в дальнейшем использоваться при разработке моделей сжигания угля в ГРВТ, а применение среды Extend 6.0[®] позволит моделировать и исследовать процессы, происходящие в новом объекте, для которого нет аналитической модели.

Выводы

Апробация и опыт применения программных средств показывают, что имитационное моделирование успешно используется для решения задач в различных отраслях техники и технологии. Несмотря на множество программных продуктов для имитации, с практической точки зрения, наибольший интерес представляют узкоспециализированные системы, которые основаны на современных программных средствах имитационного моделирования. Используя подобные системы, инженер, не владеющий тонкостями программного обеспечения, может сосредоточиться на решении своих специфических задач и тем самым значительно упростить и ускорить процесс исследования систем и принятия решений.

Литература

1. **Konyukh V., Sinoviev V., Sturgul D.** Selection of driving technologies for robotization//Proc. of the 7-th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (6-8 Oct.1998). Canada: Calgary. 1998. P. 697–699.
2. **Конюх В. Л., Зиновьев В. В.** Имитационное моделирование в горном деле//Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках: Сб. докладов Первой всероссийской научно-практ. конф. Санкт-Петербург (Россия): ФГУП ЦНИИТС, 2003. С. 106–110.
3. **Конюх В. Л.** Компоновка оборудования очистного забоя методом имитационного моделирования//В. Л. Конюх, П. В. Гречишкин//Вестник КузГТУ. 2004. № 2. С. 77–82.
4. **Стародубов А. Н., Зиновьев В. В.** Динамическое моделирование автоматизированной производственной системы//Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-19: Сб. трудов XIX Международной научн. конф. В. 10 т. Т. 10. Секция 11/Под общ. ред. В. С.Балакириева. Воронеж: ВГТА, 2006. С. 152–153.
5. **Кочетков В. Н., Петрик П. Т., Афанасьев Ю. О., Зиновьев В. В.** Гравитационно-рециркуляционная вихревая топка//Химия XXI век: новые технологии, новые продукты: доклады X международной научно-практ. конф. Кемерово: КузГТУ, 2007. С. 49–52.