рии, по которым будут выбираться родительские структуры АПС для генерации новой структуры АПС,

Mut – оператор мутации, который определяет признаки по которым будет производится мутация выбранной структуры АПС,

Rec – оператор скрещивания, определяющий признаки, которые будет наследовать сгенерированная структура АПС от родительской.

Следует отметить, что применение указанного эволюционного алгоритма к автоматизированным производственным системам требует уточнения значений операторов и переменных алгоритма. Такое уточнение позволить более эффективно проводить оптимизацию структур АПС. Предлагаемый алгоритм и комплекс программ оптимизации структур автоматизированных производств позволяют решить основную проблему в задачах оптимизации – поиск глобального оптимума вместо локального.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полетаев В. А.* Проектирование компьютерно-интегрированных производственных систем / Полетаев В. А., Зиновьев В. В., Стародубов А. Н., Чичерин И.В. – М.: Машиностроение, 2011.

2. Проектирование автоматизированных участков и цехов / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Высш. шк., 2000.

3. *Kwang Y. Lee and Mohamed A* El-Sharkawi.Modern Heuristic Optimization Techniques. Theory and applications to power systems. 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Авторы статьи:

Полетаев Вадим Алексеевич, докт. техн. наук, зав. каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: pva@kuzstu.ru

Цигельников Алексей Иванович, аспирант каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. Тел. 8-3842-39-69-44.

Зиновьев Василий Валентинович, канд. техн. наук, доцент каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: z_v_v@pambler.ru

Стародубов Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: staraleksei@rambler.ru

УДК 519.876.5

В. А. Полетаев, М. Ю. Дорофеев, А. Н. Стародубов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЯ

В настоящее время в Кемеровском научном центре СО РАН для Кузбасского технопарка разрабатывается проект энерготехнологического комплекса (ЭТК) по переработке кузнецких энергетических углей в среднетемпературный кокс (полукокс) с получением электрической и тепловой энергии. Производительность проектируемого ЭТК составляет 250 тыс. тон полукокса в год. Данный проект не имеет аналогов, поэтому получение точных численных характеристик ЭТК сопряжено с рядом трудностей. Некоторые расчеты проекта производились с учетом ряда допущений и упрощений, а также на основе экспертных оценок. Такой подход неминуемо приводит к снижению точности расчетов и отклонению от реальных характеристик.

Для решения задач исследования, проектирования и управления в новых сложных производственных системах эффективно используют среды имитационного моделирования, которые позволяют [1]:

- значительно упростить и ускорить процесс имитационного моделирования;
- строить модели без сложного аналитического описания динамики системы;
- «продвигать» модельное время от события к событию;
- генерировать случайные числа и работать со случайными переменными, распределенными по различным законам;
- автоматически накапливать необходимые данные;
- осуществлять статистическую обработку выходных данных, управлять экспериментом, оптимизировать поведение системы, сравнивать ее различные альтернативные варианты;
- упростить процесс визуализации работы системы в соответствии с имитационной моделью.

На основе опыта применения различных программных средств моделирования для отображения процессов в горном деле и машиностроении [2, 3], разработана имитационная модель транспортно-складской системы ЭТК. Модель ориентирована на решение задач выявления внутрисис-

Таблица 1

Число пар газификаторов	Загрузка МУЗ, %	Загрузка газификаторов, %
20	19,22	98,04
30	29,58	97,99
40	39,97	97,92
50	51,07	97,84
60	62,15	97,74
70	73,58	97,76
80	**84,8**	**97,62**
90	**95,99**	**97,25**
100	**96,45**	**86,75**
110	96,46	77,33
120	96,48	70
130	96,41	63,79
140	96,44	58,77
150	96,36	54,66
160	96,39	50,55
170	96,45	47,25
180	96,51	44,22
190	96,39	41,71
200	96,43	39,04

Таблица 2

Число пар газификаторов	Загрузка МУЗ, %	Загрузка газификаторов, %
80	87,46	97,5
82	90,26	97,57
84	92,4	97,5
86	95,09	97,57
88	97,74	97,44
90	**99,60**	**97,18**
92	99,96	95,02
94	99,96	92,10
96	99,96	90,02
98	99,96	87,37
100	99,97	85,42

темных резервов и внесения предложений по повышению эффективности современного углеперерабатывающего производства.

Концептуальная модель транспортно-складской системы ЭТК разработана на основе математического аппарата теории массового обслуживания (СМО).

Требованиями в СМО являются дискретные объемы угля и заявки на загрузку соответствующего газификатора.

В модели множество технологических параметров разбито на пересекающиеся подмножества, каждое из которых сведено ко времени обслуживания требования в СМО.

Продолжительность технологических процессов отображается вводом случайных временных задержек в приборы СМО, имитирующие оборудование ЭТК.

Для программной реализации концептуальной модели и исследования процессов в транспортно-складской системе ЭТК выбрана среда имитационного моделирования Extend 6.0® (ImagineThat, Inc., США). Это современное программное обеспечение позволяет строить непрерывные, дискретные и смешанные, статические и динамические, детерминированные и стохастические модели, а так же реализовать структурный подход для их построения.

Принцип работы Extend-модели основан на концепции движения динамических элементов (транзактов) через блоки. Блоки – программы, написанные на универсальных языках программирования. Транзакты, попадая в блоки, запускают соответствующие программы, отображая, таким образом, процессы в реальной системе. Блоки могут быть как простыми, так и иерархичными. Иерархичный блок представляет собой взаимосвязь иерархичных и обычных блоков. Число уровней вложенности объектов структуры – произвольно, что позволяет отражать в моделях структурную и поведенческую иерархию сложных систем.

На основе концептуальной модели, технологические процессы в транспортно-складской системе ЭТК интерпретированы в терминах среды Extend 6.0®. Транзактами отображены дискретные объемы угля и заявки на загрузку газификаторов, блоками – приборы обслуживания (машиныуглезагрузочные (МУЗ), газификаторы), обрабатывающие эти заявки. Для отображения работы ЭТК были созданы иерархические блоки Sklad, Muzuni. Блок Muzuni (рис. 1) имитируют работу углезагрузочной машины и газификаторов, состоит из блоков: (а) запуска газификаторов, (б) загрузки газификаторов, (в) загрузки МУЗ, (г) газификаторов и (д) математической части, отвечающего за скорость перемещения и времени загрузки МУЗ, координат газификаторов и время газификации в каждом из газификаторов. Процесс прибытия и разгрузки железнодорожных составов, а также дробление и сортировка исходного угля имитирует блок Sklad.

Вышеописанные блоки, объединяясь друг с другом и прочими базовыми блоками структурнологическими связями, образуют имитационную модель транспортно-складской системы ЭТК.

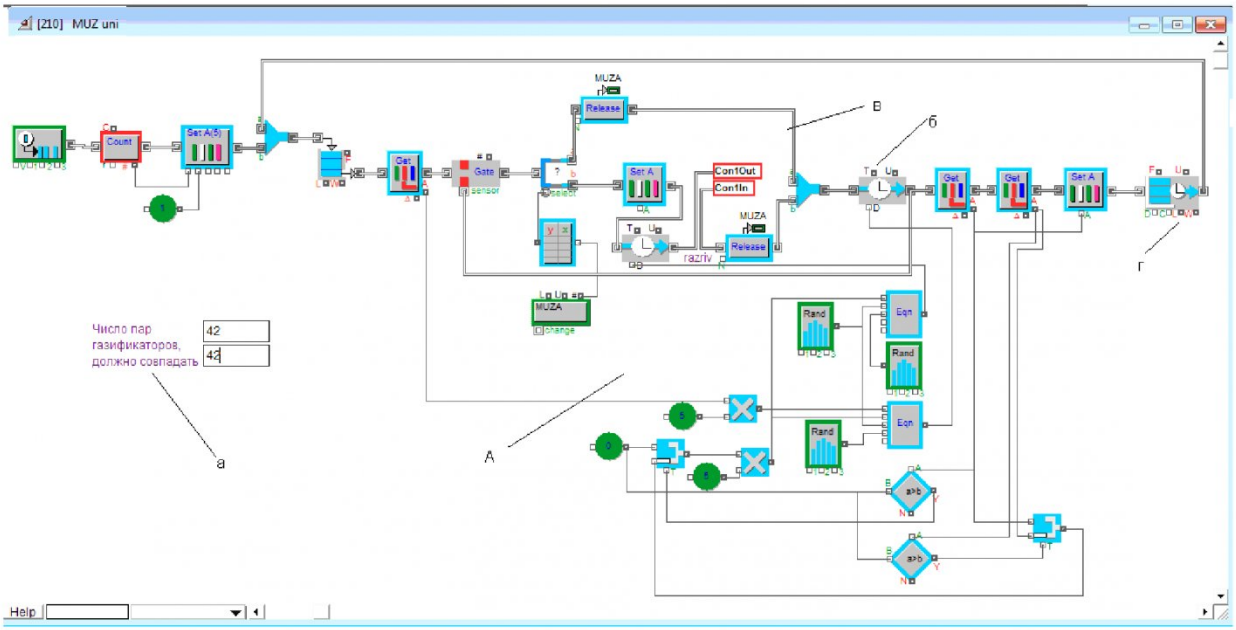

Рис. 1. Структура блока MUZuni

Одним из примеров работы модели ЭТК является серия экспериментов по выявлению максимального количества газификаторов, которые сможет обслужить одна МУЗ без потери производительностиВ результате серии экспериментов (табл. 1) выявлено, что при количестве газификаторов от 80 до 100 загрузка МУЗ достигает максимума, при этом загрузка газификаторов снижается. Были проведены уточняющие эксперименты, с увеличенным временем имитации до 100000 часов (табл. 2).

Таким образом, одна МУЗ способна без потери производительности обслужить до 90 газификаторов, или 45 пар при этом загрузка МУЗ составит 99,6 %, а газификаторов 97,18 %.

Разработанная модель на основе проведения имитационных экспериментов позволяет определять различные технологические параметры ЭТК.

На данный момент получено свидетельство о государственной регистрации на имитационную модель ЭТК, проводятся работы по совершенствованию и дополнению имитационной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кельтон, В.* Имитационное моделирование. Классика CS.: книга / Кельтон, В., Лоу, А. – 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

2. *Зиновьев, В. В., Гречишкин, П. В.* Практическое применение программных средств имитационного моделирования // Сб. докладов III Всероссийск. научн.-практич. конф. Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2007). – Санкт-Петербург, 2007. – С. 78-82.

3. *Зиновьев, В. В.* Моделирование автоматизированных производственных систем с помощью имитационного подхода / В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-20 // Сб. трудов XX Междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 4. / под общ. ред. В. С. Балакириева. – Ярославль: Яросл. гос. техн. ун-та, 2007. – С. 145-148.

4. *Степанов, С. Г.* Экологически чистая энерготехнологическая переработка кузнецких углей / С. Г. Степанов [и др.] // Топливно-энергетический комплекс и ресурсы Кузбасса, 2007. – № 6.

Авторы статьи:

Полетаев
Вадим Алексеевич,
докт. техн. наук, зав. каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ.
E-mail: pva@kuzstu.ru

Дорофеев
Михаил Юрьевич,
аспирант каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ.
Тел. 8-3842-39-69-44.

Стародубов
Алексей Николаевич,
канд. техн. наук, доцент каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ.
Тел. 8-3842-36-47-21.
E-mail: staraleksei@rambler.ru