

УДК 519.876.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Майоров А.Е., Кочетков В.Н., Дорофеев М.Ю.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кемеровский научный центр СО РАН, г. Кемерово*

Концепция энерготехнологического комплекса (ЭТК) по глубокой переработке угля разрабатывается в КеМНЦ СО РАН совместно с Энерготехнологической компанией «СИБТЕРМО» (г. Красноярск). Работы проводятся в рамках Программы научного и технологического обеспечения социально-экономического развития Кемеровской области, принятой областной Администрацией и Сибирским отделением РАН, как проект высокой инновационной готовности для реализации в опытно-промышленном и промышленном масштабах.

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

- 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] в Кемеровском научном центре СО РАН разработана имитационная модель энерготехнологического комплекса по глубокой переработке угля (ЭТК) [4]. Модель ориентирована на решение задач выявления внутрисистемных резервов и внесения предложений по повышению эффективности современного углеперерабатывающего производства.

Основой логистики комплекса является транспортно-складская система, функционирование которой направлено на хранение определенного запаса угля и снабжение им газификаторов для обеспечения непрерывной работы ЭТК.

Уголь поступает на участок приема железнодорожным транспортом. Разгрузка полувагонов осуществляется на вагоноопрокидывателе. Через бункеры и питатели вагоноопрокидывателя сырье конвейером подается на механизированный открытый склад. Из перегрузочного узла склада уголь подается в дробильную башню по наклонной галерее, где происходит измельчение. После дробления уголь распределяется на 2 потока по фракциям: 0–10 мм – отсев (идет на от-

грузку потребителям) и 10-50 мм – на газификацию. На отсев уходит $16\pm 3\%$ исходного сырья. Из дробильной башни уголь доставляется по наклонной галерее в угольную башню (суточный запас). Из нее по системе конвейеров поступает в углезагрузочные машины (МУЗ). Производство кокса осуществляется в газификаторах, расположенных в блоках газификации.

Цикл работы МУЗ включает в себя переезд под угольную башню, загрузку МУЗ, транспортировку шихты к газификаторам и их последовательную загрузку.

Цикл работы одного газификатора составляет 24 часа. Непосредственно процесс газификации составляет 20 часов, 2 часа уходит на охлаждение, 2 часа – на загрузку. В сутки каждый газификатор перерабатывает 9 тонн угля.

Полученный после газификации кокс, транспортируется в бункерные склады готовой продукции для дальнейшей реализации.

Концептуальная модель ЭТК (рис. 1) разработана на основе математического аппарата теории массового обслуживания.

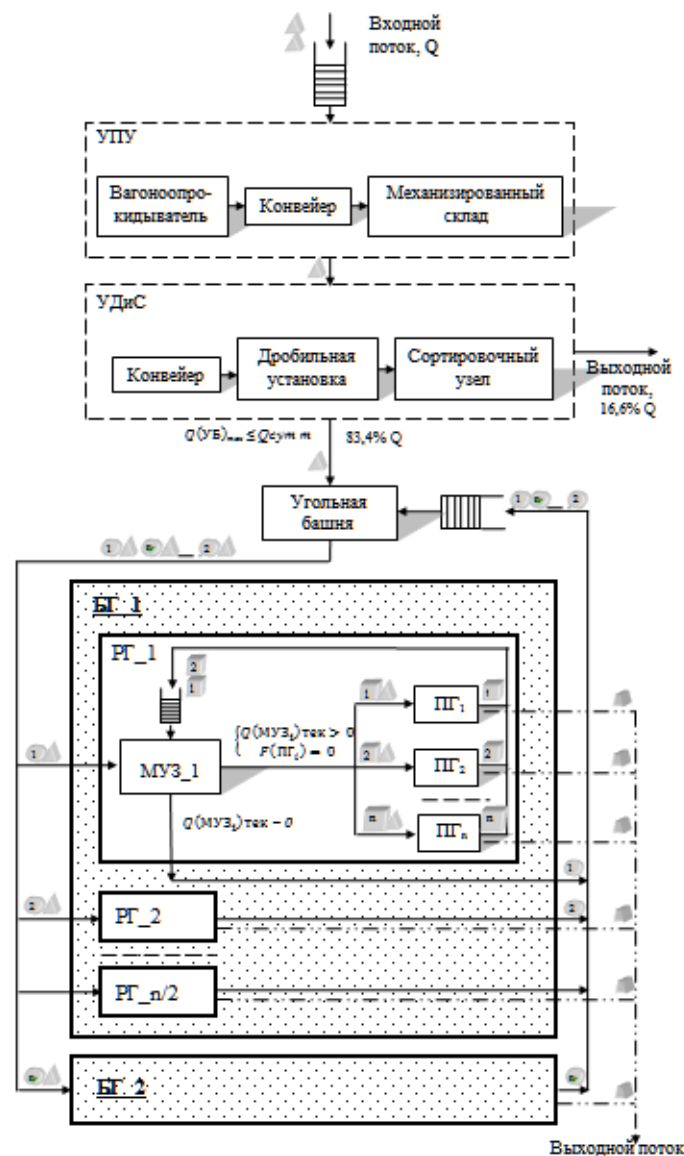


Рис. 1. Концептуальная модель ЭТК

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[®] (Imagine That, 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.

Концептуальная модель ЭТК интерпретирована в терминах среды Extend 6.0[®]. Транзактами отображены дискретные объемы угля и заявки на загрузку газификаторов, блоками – приборы обслуживания (МУЗ, газификаторы), обрабатывающими эти заявки. На (рис. 2) представлена разработанная имитационная модель. Для отображения работы ЭТК были созданы иерархические блоки Sklad, отображающий процессы прибытия и разгрузки железнодорожных составов, а также дробление и сортировку исходного угля; MUZ uni (рис. 3), имитирующий работу углезагрузочных машин. Блоки, объединяясь друг с другом и прочими базовыми блоками структурно-логическими связями, образуют имитационную модель ЭТК.

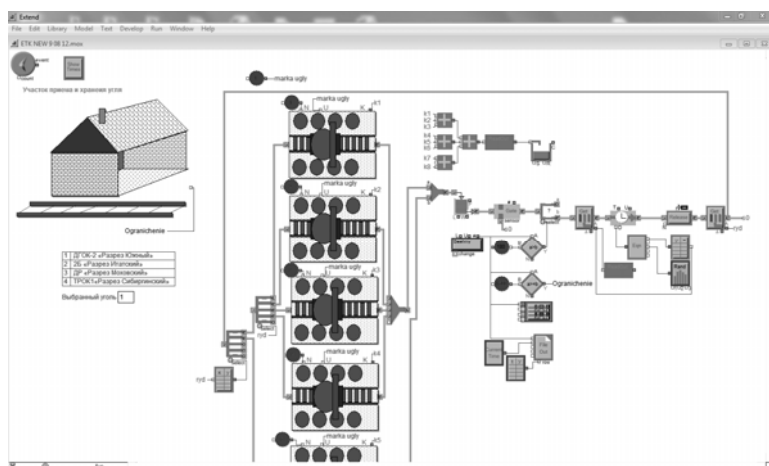


Рис. 2. Модель ЭТК в среде имитационного моделирования Extend 6.0[®]

Модель ЭТК позволяет определить основные характеристики в любой момент времени:

- коэффициент загрузки оборудования (МУЗ, газификаторов, дробильной установки и конвейеров);
- количество сырья на открытом складе;
- количество сырья и в угольной башне.

Для обеспечения наглядности и упрощения работы пользователя разрабатывается программная оболочка – 2D-интерфейс имитационной модели ЭТК на языке программирования C++, с использованием библиотеки ClanLib.

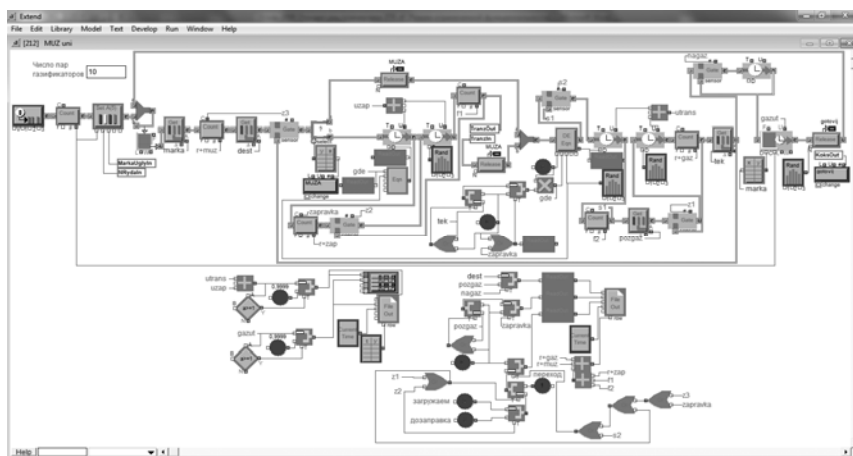


Рис. 3. Блок MUZ uni модели ЭТК в среде имитационного моделирования Extend 6.0®

Для взаимодействия модели ЭТК с разрабатываемым 2D-интерфейсом в модель были встроены блоки, которые записывают состояние системы, количество материальных запасов на складах, производительность оборудования и его текущее состояние в установленные моменты времени. Также, возможна запись состояния оборудования системы с отображением времени события на момент изменения состояния одного из элементов. Указанное позволит наглядно продемонстрировать работу всего энерготехнологического комплекса в режиме реального времени и с применением временного масштаба, детально изучить события, повлекшие понижение производительности комплекса.

Для апробации модели использовался проект ЭТК г. Ленинск-Кузнецкий (Кемеровская область). В ходе экспериментов было выявлено, что интенсивность поступления угля в угольную башню меньше чем интенсивность распределения угля по блокам газификаторов и интенсивность его переработки. По этой причине газификаторы простаивали 30% всего времени, а выход кокса составил 70% от запланированного объема. Причиной снижения производительности комплекса также являлась выбранная в проекте дробильная установка, не обеспечивающая требуемую производительность.

Таким образом, с помощью имитационной модели на стадии выполнения проектных работ возможно определить основные параметры ЭТК, выявить узкие места в технологической цепочке и внести предложения по их устранению.

Литература

1. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS.: книга/ Кельтон, В., Лоу, А. – 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВHV, 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.]. // Топливо-энергетический комплекс и ресурсы Кузбасса. – 2007. – №6.