

УДК 622.2, 001.57

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ БЛОКОВ**

Выдрин В.А., студент гр. ИСт-181, III курс  
Богданова А.Ю., студентка гр. ИСт-181, III курс  
Научный руководитель: Кузнецов И.С., преп. каф. ИиАПС (СПО).  
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово г. Кемерово

Угледобывающая промышленность является одной из важнейших как для Кемеровской области, так и для Российской Федерации в целом. Самым распространенным способом добычи является открытый способ (более 70%) [6]. Процесс добычи/вскрыши производится мощными экскаваторными автомобильными комплексами (ЭАК). Для повышения эффективности проводятся исследования, однако их проведение несет за собой риски для рабочего процесса. Как правило, во время исследований не учитывается вероятностная природа протекаемых процессов и их динамика, из-за чего значительно падает качество таких исследований, а их результаты остаются под вопросом [1]. Для обеспечения максимальной эффективности существуют и широко используются имитационные модели [2].

Для разработки имитационных моделей и проведения соответствующих исследований используются различные программные системы. Одной из таких является GPSS Studio, выросшая из расширенного текстового редактора языка имитационного моделирования GPSS World [3].

Отличительной особенностью данной программной системы является поддержка использования типовых элементарных блоков (ТЭБ). Имитационная модель разбивается на компоненты, которые записываются в ТЭБы. Объединяясь, ТЭБы и создают моделируемую системы. И, благодаря такому разделению на компоненты, значительно упрощается модификация системы. В нашем случае, например, это замена грузовых автомобилей и техники для выемки породы.

Основываясь на таком подходе, была создана дискретно-событийная имитационная модель с вероятностной длительностью процессов, распределенных по гамма-закону [4,5]: экскавация, транспортировка, разгрузка, обратный ход, и установка на погрузку/разгрузку породы/угля (рис. 1). В модели предлагается использование горных машин: автосамосвалы (БелАЗ-75710, БелАЗ-7513, Caterpillar 795F AC, Hitachi EH50000AC-3 и Terex MT 5500 AC), а также экскаватор (ЭКГ-35).

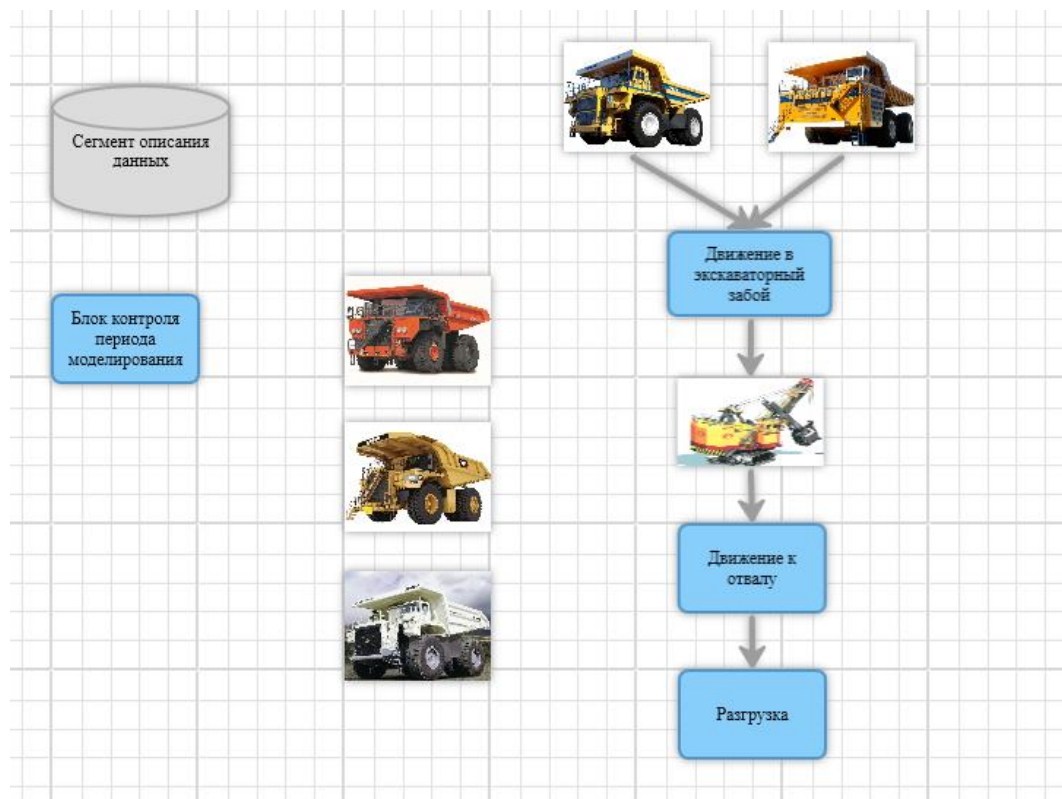


Рисунок 1. Общая схема имитационной модели в виде ТЭБов

В данном виде в системе создается два типа заявок, соответствующих видам самосвалов. Различие типов самосвалов реализуется с помощью параметров заявок (рис. 2). После появления заявки отправляются в ТЭБ «Движение в экскаваторный забой», имитирующий преодоление самосвалами пути к экскаватору. После этого в ТЭБе «Загрузка ЭКГ-35» заявке обслуживаются устройство «ЭКГ-35», задерживаясь на время, необходимое для заполнения автосамосвала. После этого заявки движутся к месту отвала, где задерживаются на время, необходимое для выгрузки горной массы. Для моделирования стохастических временных характеристик используется гамма распределение [4]. Отдельно расположен ТЭБ, ответственный за контроль времени имитации, а также ТЭБы, генерирующие другие типы самосвалов и ТЭБ «Сегмент описания данных», содержащий описание переменных, отвечающих за время моделирования, количество самосвалов и мест у экскаватора, а также мест отвала.

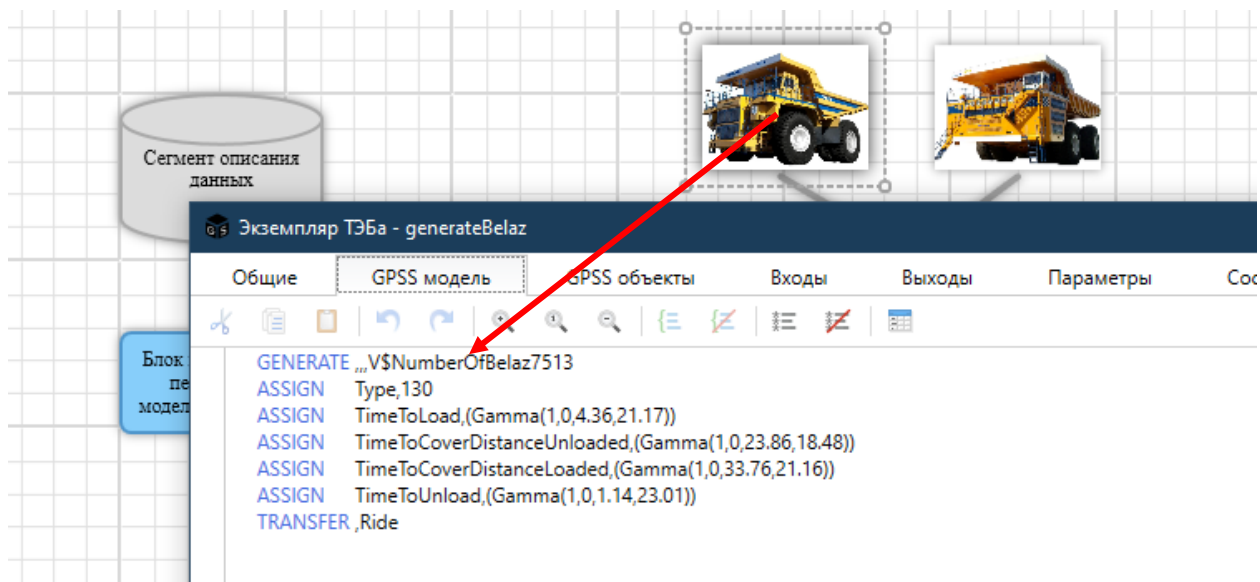


Рисунок 2. ТЭБ генерации заявок, соответствующих автосамосвалам БелАЗ-7513 (грузоподъемность – 130 тонн)

Как уже было обозначено выше, имитационная модель является совокупностью ТЭБов, что обеспечивает простоту замены самосвалов, их удаление или добавление (рис. 3).

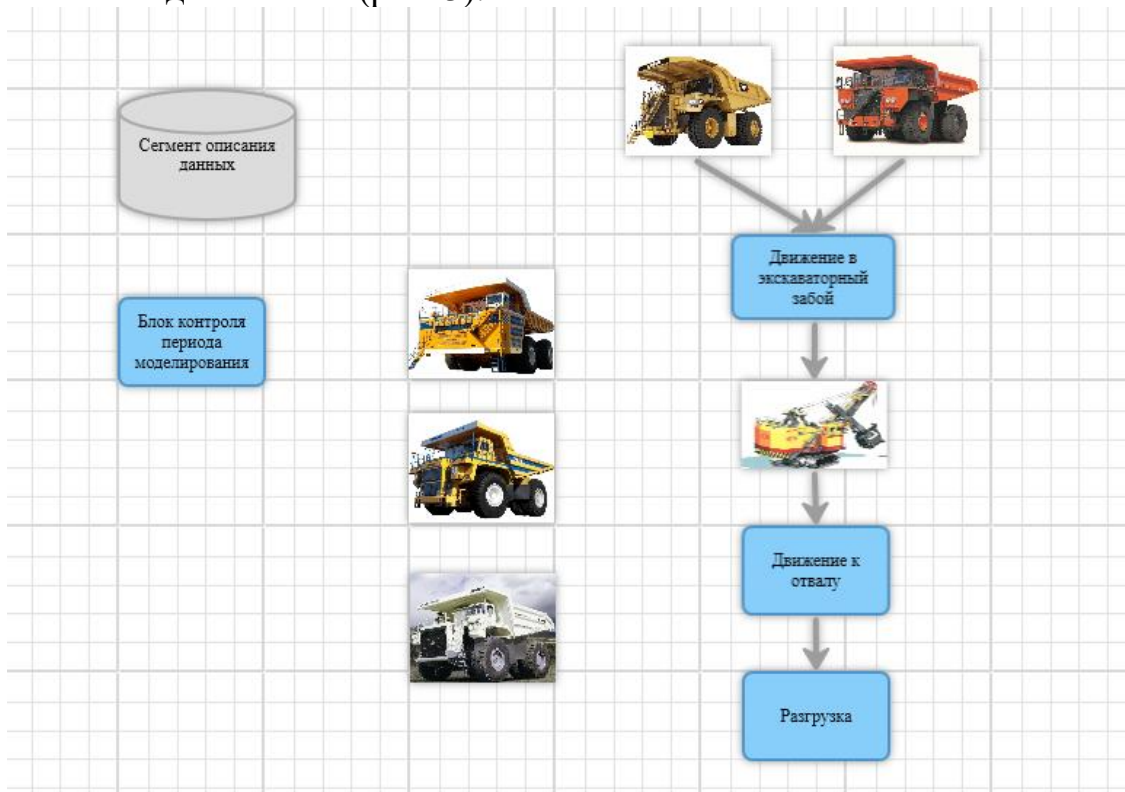


Рисунок 3. Общий вид системы с замененными ТЭБаами генерации заявок

Таким образом, имитационные модели и исследования на них являются важными аспектами введения чего-либо нового в устоявшийся процесс, позволяя проверить эффективность и стабильность работы нововведений без каких-либо рисков для рабочего процесса. Использование ТЭБов значительно упрощает разработку имитационной модели. В результате нет необходимости вручную переписывать код модели, т.к. можно использовать заранее

подготовленные блоки с заданными параметрами, что позволяет автоматизировать разработку модели ЭАК.

### Список литературы:

1. Кузнецов И.С. Исследование технологических параметров экскаваторно-автомобильного комплекса методом имитационного моделирования // Сборник материалов XVII международной научно-практической конференции «природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2018». – 2018. – 112.1 с.
2. Зиновьев В.В. Разработка системы имитационного моделирования организационно-технических вариантов угледобывающего производства / В.В. Зиновьев, А.Н. Стародубов, С.В. Кравчук, П.В. Гречишкин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 2. – 2018. С – 31 – 32.
3. Официальный сайт компании «Элина компьютер» [Электронный ресурс]. –<http://elina-computer.ru/> (дата обращения 23.03.2021).
4. Воронов А.Ю. Оптимизация показателей эксплуатационной производительности экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.06., 05.13.18 / Воронов Артем Юрьевич; КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева; науч. рук. А.Ю. Захаров. – Кемерово., 2015 – 195 с.
5. Кузнецов И. С. Имитационное моделирование безлюдной открыто - подземной геотехнологии с учетом простоев горных машин / И. С. Кузнецов, В. В. Зиновьев // Сборник трудов девятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД). - 2019. С. 445 - 450.
6. Таразаров И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь - декабрь 2020 года / И.Г. Таразаров, Д.А. Губанов // Уголь. - 2021. - №3. - С. 27 - 43.