

УДК 004.942; 622.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ МАШИН В СОСТАВЕ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Кузнецов И.С.,¹ аспирант 3 года обучения

Научный руководитель: Зиновьев В.В. - ¹старший научный сотрудник

¹ ФИЦ УУХ СО РАН

г. Кемерово

При добыче угля и проведении вскрышных работ на угольных разрезах применяют мощные экскаваторно-автомобильные комплексы (ЭАК). Базовыми элементами ЭАК выступают экскаваторы и автосамосвалы. Каждая горная машина характеризуется набором параметров: для экскаваторов: объем ковша, длительность цикла, максимальный и минимальный радиус черпания на уровне стояния, максимальная высота черпания, скорость, тип исполнения ковша (прямой и обратный); для автосамосвалов: грузоподъемность, максимальная скорость движения, радиус пятачка, длительности подъема/опускания кузова, габариты, объем кузова (с шапкой и без).

Экскаваторы и автосамосвалы с одним и тем же набором параметров могут применяться для одних и тех же горно-геологических и горнотехнических условий залегания и разработки угольных месторождений. Современный рынок насчитывает множество моделей автосамосвалов (более 131) и экскаваторов (более 85) применительно к ЭАК [1].

При выборе параметров экскаватора главными ограничивающими параметрами являются: рабочий диапазон физико-механических свойств пород, установленные высоты уступа или развала и их ширина, размер фракции и объем горной массы после проведения буровзрывных работ (БВР) [2].

При выборе грузоподъемности автосамосвалов, закрепляемых за экскаватором с конкретным объемом ковша используют классическое соотношение: для полной загрузки горной массы в автосамосвал достаточно 3-6 ковшей [3]. Для расчета количества автосамосвалов используют аналитические формулы, учитывающие дальность и длительность транспортировки, а также время погрузки горной массы экскаватором в автосамосвалы [4], либо определяют исходя из максимальной теоретической производительности экскаватора.

Ввиду множества существующих моделей горных машин, полный перебор всех возможных их комбинаций, подходящих под выбранные физико-механические, горно-геологические и горнотехнические условия, требует значительных затрат вычислительных ресурсов. Например, на расчет каждой имитационной модели в зависимости от ее сложности и периода моделирования приходится приблизительно 1-3 мин. Полный перебор всех

комплектов моделей экскаватора и автосамосвалов состоит минимум из сотен тысяч вариаций и займёт не менее 35 суток.

Поэтому важно выбрать метод или алгоритм, который позволил бы исключить полный перебор всех вариантов, но при этом обеспечил бы приемлемую точность полученных результатов. Был проведен обзор существующих методов и алгоритмов для проведения оптимизации с множеством вариантов [5]. И выделены основные недостатки и достоинства:

1. Экспертные системы – основным недостатком выступают отсутствие решений для ранее неисследованной задачи, зависимость от человеческого фактора. Достоинством же является возможность накапливать знания и тем самым обеспечивать независимость конкретной организации от наличия в ней специалистов в данной области;
2. Методы математического программирования не возможно применить ввиду высокой трудоёмкости и ресурсоёмкости, которые заметно возрастают в геометрической прогрессии с увеличением масштабов области решений. Достоинством же является высокая точность расчетов;
3. Эвристические алгоритмы позволяют эффективно находить оптимальное или субоптимальное решение при работе с множеством параметров. Для их применения не обязательно аналитическое описание работы системы, а главным атрибутом является функция пригодности, позволяющая эффективно оценить полученное решение. Недостатком же является, что данные алгоритмы дают приближенное решение.

Таким образом, в качестве алгоритма оптимизации выбран эвристический, т.к.:

1. Позволяет эффективно находить оптимальное или субоптимальное решение при работе с множеством параметров;
2. Нет необходимости аналитически описывать систему.

Одним из эвристических алгоритмов является генетический [5,10], который нашел успешное применение в области машиностроения и подземных проходческих технологий [8,9]. Поэтому данный алгоритм и выбран для проведения оптимизации параметров ЭАК.

Как правило, авторы в качестве выходных показателей эффективности работы ЭАК оптимизировали: производительность Q [м³/сут.] и удельные затраты на производство угля/вскрыши C [руб./м³] [6,7]. При выборе параметров горных машин ЭАК с одновременной оптимизацией этих параметров, то возникает парадокс, т.к. одновременно один параметр максимизируют, а второй минимизируют. Ввиду того, что одновременно оптимизируется более одного параметра, возникает задача многокритериальной оптимизации. При решения такого рода задачи необходимо свести многокритериальную оптимизацию к однокритериальной. В качестве метода сведения многокритериальной задачи к однокритериальной выбран метод свертки критериев, а конкретно – мультипликативная, т.к. нет необходимости нормировать значения

отдельных значений критериев, так как при его применении используются абсолютные значения критериев [7].

$$F = \frac{Q}{C} \rightarrow \max \quad (1)$$

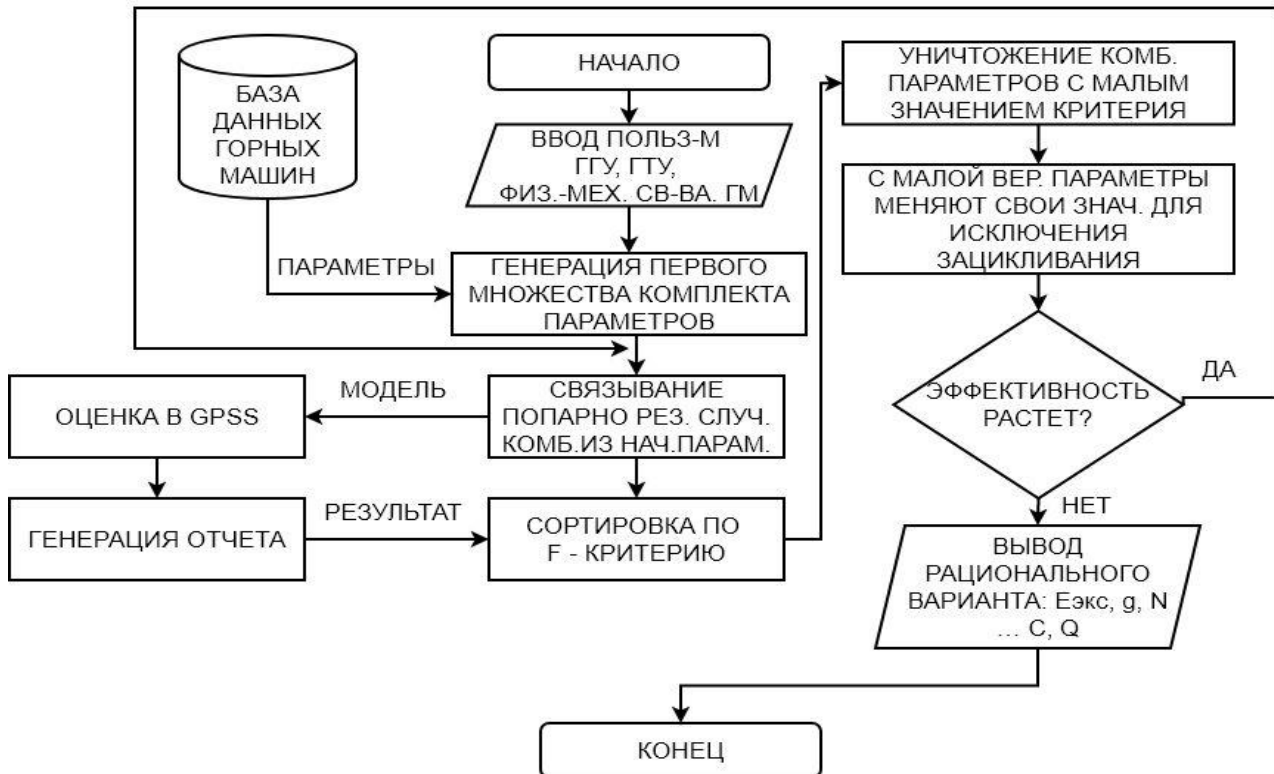


Рисунок 1 – Методика обоснования оптимальных параметров ЭАК
 Методика включает в себя следующие этапы:

1. На основе введенных данных характеризующих горно-геологические, горнотехнические условия залегания и разработки, а также их физико-механические свойства, генерируется первое множество комплектов.
2. Начинается попарная случайная комбинация комплектов горных машин из начальных параметров хранящиеся в заранее составленной электронной базе данных;
3. Осуществляются прогоны имитационной модели с сгенерированными комплектами горных машин с последующей генерацией отчета;
4. Осуществляется сортировка по F-критерию который рассчитывается с применением мультипликативной свертки;
5. Осуществляется уничтожение параметров горных машин с малым значением критерия. Для того, чтобы алгоритм не закикливался вводится малая доля вероятности случайного изменения одного из параметров горных машин. После в случае если роста эффективности весь алгоритм повторяется вновь, в противном случае осуществляется остановка его работы с выдачей оптимальных параметров горных машин.

Таким образом, применение данной методики позволяет определять оптимальные и субоптимальные параметры горных машин с учетом двух противоречащих друг другу параметрами исключая полный перебор всех вариантов для заданных горно-геологических, горнотехнических условий залегания и разработки, а также физико-механических свойств горных пород.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90031 "Разработка специализированной компьютерной системы имитационного моделирования для исследования параметров безлюдной открыто-подземной геотехнологии".

Список литературы:

1. Кузнецов И.С. О многовариантности выбора комплекта горных машин и организации работ в забое при открытой добыче угля / И.С. Кузнецов, В.В. Зиновьев, А.В. Кузнецова // Сборник ежегодной международной научно-практической конференции ИИТМА КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте - 2020». - С. 207 – 211
2. Литвин О.И. Обоснование рациональных технологических параметров производства вскрышных работ гидравлическими лопатами на разрезах Кузбасса: автореф. ... канд. тех. наук: 25.00.22 / Литвин Олег Иванович; КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева и ООО «Кузбассразрезуголь-Взрывпром». - Кемерово., 2012. - 22 с.
3. Шамсутдинов М.М. Открытые горные работы: учебное пособие / М.М. Шамсутдинов, Э.В. Лупинин. - Бишкек, 2015. - 182 с.
4. Мартьянов В.Л. Основы открытой добычи. Производственные процессы открытых горных работ: учеб. пособие / В.Л. Мартьянов, Е.В. Курехин; КузГТУ. - Кемерово, 2019. - 144 с.
5. Николаев П.И. Методы оптимизации в горном деле / Сборник материалов VII Всероссийской, научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Россия Молодая», Кемерово. - 2015.
6. Фурман А.С. Оценка эффективности эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов на технологических трассах разрезов Кузбасса: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.06. / Фурман Андрей Сергеевич; КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева; науч. рук. Г.Д. Буялич. - Кемерово, 2018. - С. 137
7. Стенин Д.В. Обоснование влияния ресурса несущих систем и степени загрузки на производительность карьерных автосамосвалов: автореф. ... канд. тех. наук: 05.05.06 - Кемерово, 2008. - 19 с.
8. Зиновьев В.В. Новый подход к обоснованию геотехнологий без постоянного присутствия людей в забое / В.В. Зиновьев, А.Н.

- Стародубов, П.И. Николаев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2017. - №5. - С. 37 - 43.
9. Гусев П.Ю. Применение генетических алгоритмов в оптимизации планировочных решений производственных подразделений машиностроительных предприятий / П.Ю. Гусев, К.Ю. Гусев, С.Ю. Вахмин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2019 . - №2. – С. 22 – 27
10. Вирсански Э. В52 Генетические алгоритмы на Python / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 286 с.