

УДК 622.684

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОВЕДЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОРОДНОЙ ГРУЗОВОЙ ПЛАТФОРМЫ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

Исмаилова Ш.Я., младший научный сотрудник НЦЦТ, гр. КТм-211, II курс;  
 Научный руководитель: Дубинкин Д.М., к.т.н., доцент  
 Блюменштейн В.Ю., д.т.н., профессор  
 Кузбасский государственный технический  
 университет имени Т.Ф. Горбачева  
 г. Кемерово

Увеличение эффективности эксплуатации карьерного самосвала с момента истории его создания является актуальной задачей. В настоящее время ведутся работы по созданию беспилотных карьерных самосвалов. Одним из определяющих элементов карьерных самосвалов является грузовая платформа, которая определяет объем, а следовательно, и массу перевозимого материала, поэтому подбор оптимальных конструктивных параметров грузовой платформы является важной задачей [1-7].

У большинства производителей карьерных самосвалов, одна и та же модель оснащается платформами различного типа исполнения. Породные грузовые платформы предназначены для перевозки коренных пород, которым характерна большая плотность. К особенностям этих платформ также стоит добавить оптимальные характеристики при погрузке и выгрузке горной массы.

Конструкция платформы обеспечивает максимальную грузоподъемность, высокую прочность. Основную геометрию породной грузовой платформы формирует: дно, борта, передняя стенка и козырек, эти элементы напрямую контактируют с грузом и изготавливаются из износостойкой стали [4-8].

Карьерные самосвалы грузоподъемностью 240 тонн, применяются для транспортировки вскрышных пород (алевролиты, песчаники, аргиллиты и суглинки) [9]. Основные физико-механические характеристики приведены в таблице 1.

Табл.1 Физико-механические характеристики перевозимого материала

Наименование материала	Коэффициент $\mu_{\text{покоя}}$ Сталь/Порода	Коэффициент $\mu_{\text{движ}}$ Сталь/Порода	Коэффициент ре- ституции $K_{\text{COR}}$	Модуль Юнга, E (МПа)	Коэффициент Пуассона, $\nu$
Песчаник	0,60	0,55	0,60	3,00	0,25
Алевролит	0,60	0,50	0,50	2,00	0,25

С целью приближения к реальным условиям эксплуатации самосвальных платформ, гранулометрический состав сыпучего материала выбран исходя из

справочных данных и смоделирован в виде полигедронов с количеством полигонов равным – 15. Внешний вид генерируемой частицы представлен на рисунке 1.

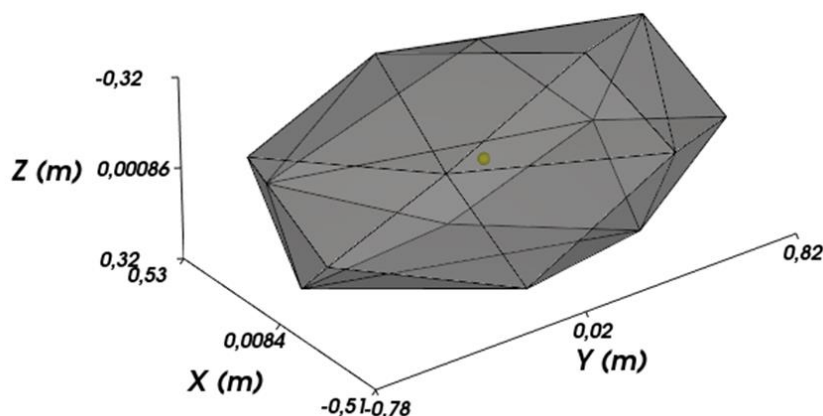


Рис. 1 Геометрия частицы

Математическая модель грузонесущих поверхностей породной грузовой платформы была упрощена так как взаимодействия сыпучего материала происходит только с поверхностями дна, передней стенки, бортов и козырька самосвальной платформы. Для получения качественных показателей, поверхности были разбиты на полигональные тела, как видно на рисунке 2.

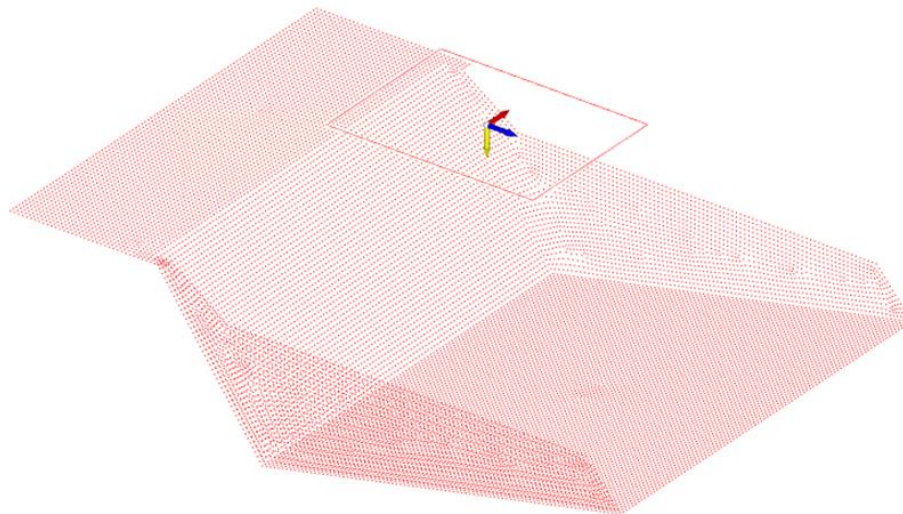


Рис. 2 Сетка самосвальной платформы объемом 145 м<sup>3</sup>

Для определения нагрузок и мест наибольшего износа на несущей платформе карьерного самосвала используется моделирование дискретных элементов, в частности моделирования динамики дискретных тел в программе Rocky DEM.

Сыпучий материал высыпается последовательно из геометрического тела, смоделированного в виде квадрата с размерами граней равными 3000x4000 мм. На рисунке 3 материал высыпается 10 секунд с интенсивностью

2,4 т/сек из геометрического тела в самосвальную платформу. По достижению заданной грузоподъемности 240 тонн происходит высыпание сыпучего материала из грузовой платформы. Для погрузки породы в платформу используется экскаватор ЭКГ-35М с емкостью ковша 33 м<sup>3</sup>.

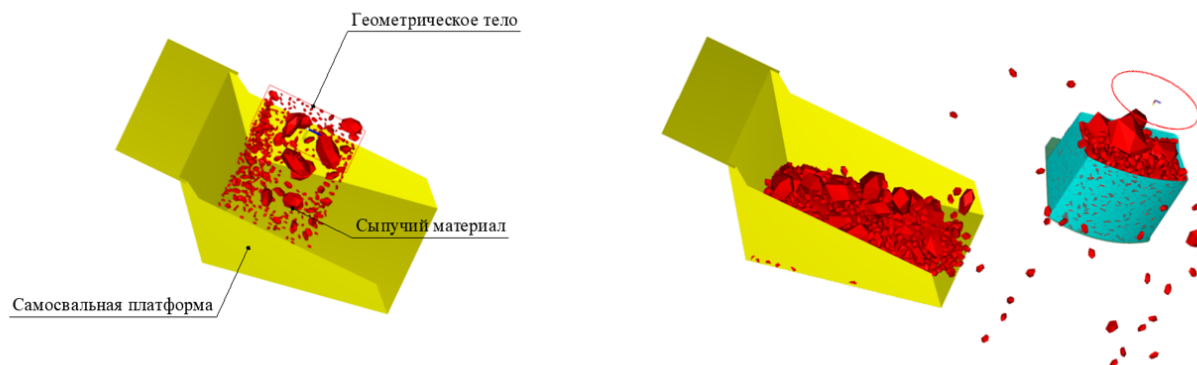


Рис. 3 Элементы имитационного моделирования

Порядок загрузки сыпучего материала в породную грузовую платформу представлен на рисунке 4. Первый ковш равномерно распределяется по поверхности дна грузовой платформы и смягчает падение последующих ковшей.

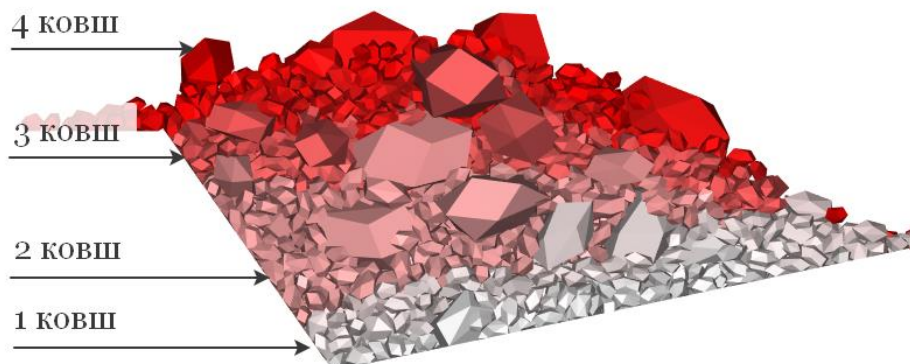


Рис. 4 Распределение насыпного материала в грузовой платформе

По результатам имитационного моделирования получены геометрии насыпи в породной грузовой платформе. Совокупность физико-механических характеристик материалов влияют на угол естественного откоса и вследствие на конечную геометрию шапки в платформе карьерного самосвала. Угол естественного откоса, полученный при моделировании, соответствует углам откоса в реальных условиях.

Для подтверждения правильности моделирования измерим массу насыпного материала внутри самосвольной платформы. Из представленного графика на рисунке 5 видно, что при погрузке грузовой платформы объемом 145 м<sup>3</sup> сыпучего груза при насыпной плотности 1,8 т/м<sup>3</sup> с емкостью ковша 33 м<sup>3</sup>, масса

сыпучего груза равна 235 т, что составляет 98% от полной грузоподъемности самосвала.

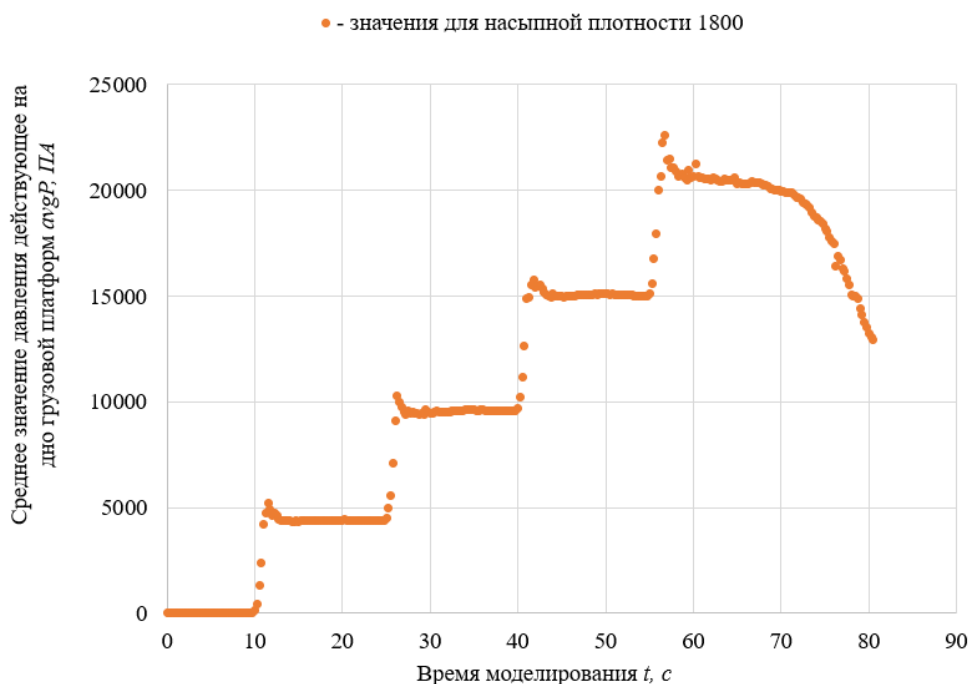


Рис. 5 Значения усредненного давления на поверхности платформы после засыпки материала с насыпной плотностью  $1800 \text{ кг/м}^3$

Работа выполнена с целью дальнейшего исследования влияния различных факторов на основные параметры конструкции грузовой платформы, расчёта напряжённо деформированного состояния поверхностей грузовой платформы и разработки конструкторской документации породной грузовой платформы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2022-016 от 07.04.2022г. с ПАО "КАМАЗ" по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.*

#### Список литературы:

1. Дубинкин, Д. М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
2. Дубинкин, Д. М. Методика определения нагрузок, действующих при погрузке и разгрузке грузовой платформы (кузова) карьерного самосвала / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 3(161). – С. 31-49. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.

3. Дубинкин, Д. М. Подход к формированию геометрии продольного сечения грузовой платформы / Д. М. Дубинкин, А. В. Ялышев // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 23–24 ноября 2022 года / Редколлегия: А.А. Хорешок (отв. редактор), А.И. Фомин [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 4071-4077.

4. Обзор конструкций породных платформ карьерных самосвалов / В. В. Аксенов, Д. М. Дубинкин, Ш. Я. Исмаилова, А. В. Ялышев // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Кемерово, 19–20 октября 2021 года / Редколлегия: Д.М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – С. 324-332.

5. Дубинкин, Д. М. Анализ технических характеристик карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 т до 255 т / Д. М. Дубинкин, Ш. Я. Исмаилова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022 : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 23–24 ноября 2022 года / Редколлегия: А.А. Хорешок (отв. редактор), А.И. Фомин [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 4061-4066.

6. Дубинкин, Д. М. Определение статических нагрузок на борт грузовой платформы карьерного самосвала / Д. М. Дубинкин, А. В. Ялышев // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 137-144. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144.

7. Дубинкин, Д. М. Анализ конструкций и обоснование применения грузовых платформ карьерных самосвалов грузоподъемностью 90 тонн / Д. М. Дубинкин, А. В. Ялышев // Техника и технология горного дела. – 2021. – № 3(14). – С. 61-78. – DOI 10.26730/2618-7434-2021-3-61-78.

8. Ялышев, А. В. Сравнительный обзор технических характеристик карьерных самосвалов грузоподъемностью от 60 т до 70 т / А. В. Ялышев, Ш. Я. Исмаилова, И. А. Тарасюк // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 13–14 апреля 2022 года. – Прокопьевск: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева" в г. Прокопьевске, 2022. – С. 224-229.

9. Жариков В.П. Рекультивация гидроотвалов вскрышных пород на разрезах Кузбасса // ГИАБ. 2012. №1.