

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ЗАГРУЗКИ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА**

**COMPUTER SIMULATION OF THE PROCESS OF LOADING  
A RIGID MINING TRUCK**

**Кисельков А. Л.<sup>1</sup>, Литвинюк П. С.<sup>1</sup>, Насковец А. М.<sup>2</sup>,  
Хацкевич А. С.<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «БЕЛАЗ», г. Жодино, Республика Беларусь

A. Kiselkov<sup>1</sup>, P. Litviniuk<sup>1</sup>, A. Naskovetz, A. Hatzkevich<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>The Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy  
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Joint Stock Company «BELAZ», Zhodino, Belarus

*Эксплуатация карьерного самосвала включает в себя различные нагрузочные режимы, которые оказывают влияние на общую долговечность машины. Процесс загрузки самосвала оказывает существенное влияние на долговечность платформы.*

*The operation of a mining truck includes various load conditions that affect the overall durability of the machine. The process of loading a dump truck has a significant impact on the durability of the platform.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, дискретно-элементное моделирование, конечно-элементное моделирование, расчет усталостной долговечности.

**Keywords:** computer modeling, discrete element modeling, finite element modeling, fatigue life calculation.

## ВВЕДЕНИЕ

Для определения нагрузок на платформу карьерного самосвала методом компьютерного моделирования дискретными частицами (DEM) был сформирован осредненный нагрузочный режим, характеризующий условия эксплуатации средней тяжести. Осредненный нагрузочный режим соответствует загрузке карьерного самосвала ковшом объемом 10 м<sup>3</sup>, который выполняет загрузку в 4 захода среднезернистыми частицами и в 3 захода крупнозернистыми ча-

стицами с последующей разгрузкой путем моделирования опрокидывания платформы. Выбранная последовательность загрузки обусловлена среднестатистическими параметрами груза и сформированными алгоритмами работы на карьере. Для уменьшения трудоемкости и длительности вычислений при компьютерном моделировании мелкозернистые частицы не моделировались, а предполагаемая их масса моделировалась среднезернистыми элементами.

## ДИСКРЕТНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ САМОСВАЛА

На начальном этапе моделирования загрузки платформы происходит подготовка исходной геометрической модели карьерного самосвала. Приняты два вида дискретных частиц, а именно, большие камни в форме куба с максимальными размерами стороны до 1 м и многогранные эллипсоидные частицы. Задан разброс геометрических размеров частиц, который позволяет учитывать разнообразность загружаемого грунта в карьере. Каждый из семи этапов загрузки разделен на такие подэтапы, как моделирование загрузки ковша частицами и, соответственно, процесс открытия крышки ковша с последующим высыпанием частиц. Визуализация протекания процесса загрузки дискретными частицами представлена на рис. 1. Выходными параметрами проведенного дискретно-элементного моделирования являются силы, возникающие на поверхности самосвальной платформы от частиц, которые в последующем передаются в формате \*.axdt в среду конечно-элементного моделирования.

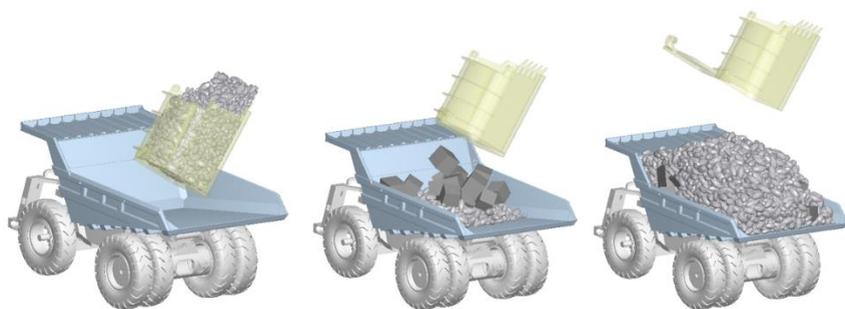


Рисунок 1 – Визуализация протекания процесса загрузки дискретными частицами

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ САМОСВАЛА

В среде программного комплекса ANSYS Workbench, на основе твердотельной геометрической модели, разработаны расчетные конечно-элементные модели несущих элементов. Полученные силы в ходе дискретно-элементного моделирования прикладываются к платформе. К конструкции так же прикладываются массы основного навесного оборудования, учитывается работа подвески, контакты в зоне подушек платформы и сила тяжести. Результатом моделирования загрузки являются растягивающие напряжения (рис. 2), возникающие в платформе.

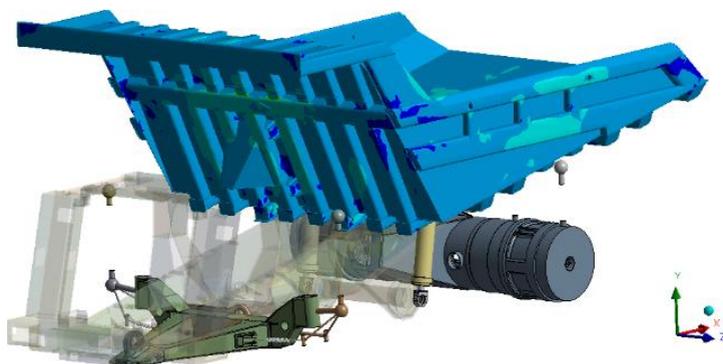


Рисунок 2 – Растягивающие напряжения в платформе самосвала

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЛАТФОРМЫ САМОСВАЛА

Полученные результаты расчетов передаются в формате \*.rst в программный комплекс nCode. Расчет долговечности проводится в два этапа. Первый этап – расчет общей долговечности кузова для локализации наиболее нагруженных зон для детального рассмотрения. Второй этап – расчет усталостной долговечности выделенной подконструкции методом VOLVO. Результаты расчета усталостной долговечности, представлены в виде распределения накопленной повреждаемости или распределения долговечности (число циклов или блоков нагружения) сварных соединений до разрушения (появления микротрещины) (рис. 3).

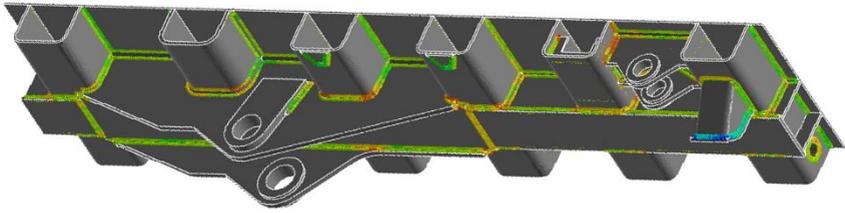


Рисунок 3 – Результаты расчета усталостной долговечности

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С применением дискретно-элементного метода моделирования в совокупности с конечно-элементным методом определены зоны минимальной долговечности конструкции при таких режимах нагружения, как загрузка и разгрузка карьерной техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя / К. А. Басов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.
2. ANSYS в руках инженера: практическое руководство. изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.

Представлено 17.05.2023