

## **ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КАБИНЫ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАТИВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К УСТРОЙСТВАМ ЗАЩИТЫ ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ**

**<sup>1</sup>Лисовский Э.В., <sup>2</sup>Шмелев А.В., <sup>1</sup>Калина А.А.**

*<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск*

*<sup>2</sup>ГНУ «Объединенный институт машиностроения» НАН РБ, Минск*

Карьерная техника обычно работает в условиях, характеризующихся низкой несущей способностью грунтов, наличием больших уклонов и различного рода препятствий. С учетом возможных ошибок оператора, имеется высокая вероятность опрокидывания машин в эксплуатации. Поэтому при проектировании карьерной техники особое внимание уделяется силовым конструкциям, предназначенным для защиты оператора в случае опрокидывания машины.

Основные требования к безопасности карьерной техники при опрокидывании изложены в международном стандарте ISO 3471 «Машины землеройные. Устройства защиты при опрокидывании. Технические требования и лабораторные испытания», [1]. Норматив устанавливает технические требования к металлическим устройствам защиты при опрокидывании (Roll Over Protection System [ROPS]), а также единообразные и воспроизводимые методы оценки соответствия этим требованиям в лабораториях, проводящих испытания с использованием статического нагружения представленного образца. Норматив применяется для бульдозеров, фронтальных погрузчиков, экскаваторов-погрузчиков, карьерных самосвалов, трубоукладчиков, комбинированных машин, грейдеров, уплотнителей мусора, катков, траншейных экскаваторов и др.

При разработке новых кабин приходится сталкиваться с прямой задачей обеспечения достаточной прочности конструкции и обратной задачей - минимизацией ее массы. Поэтому очень важно определить конструктивные решения для кабины таким образом, чтобы она обеспечила максимум прочности при минимуме массы. Кроме того, при современном уровне конкуренции в машиностроении, ключевую роль играет время разработки новых конструкций. Перед инженерами стоит задача минимизации времени проектирования.

Наиболее эффективное, комплексное решение перечисленных инженерных задач возможно с использованием компьютерного (виртуального) моделирования испытаний проектируемых конструкций. Для реализации применяются специально разработанные программные средства, основанные на использовании метода конечных элементов для расчетного исследования напряженно-деформированного состояния деталей и конструкций. На данный момент одними из наиболее распространенных программ для компьютерного моделирования на основе метода конечных элементов можно считать ANSYS и LS-DYNA.

Таким образом, виртуальное моделирование различных режимов нагружения проектируемой кабины карьерного самосвала позволяет еще на стадии разработки оценить соответствие несущих свойств кабины заданным требованиям и в случае несоответствия выполнить доработку конструкции с последующей расчетной оценкой эффективности изменений, [2]. Такой подход позволяет избежать необходимости изготовления в металле прототипов конструкций и проведения их натурных

испытаний. Это, в свою очередь, дает значительную экономию времени и материальных затрат.

Соответствие результатов виртуальных испытаний процессам, протекающим в реальной конструкции кабины при натурных испытаниях, напрямую зависит от адекватности разработанной компьютерной модели реальному объекту. Учитывая, что нагружение конструкции при испытаниях происходит со значительными пластическими деформациями, то особую значимость имеет достоверность параметров модели материала. С целью определения таких параметров проводится компьютерное моделирование лабораторных испытаний образцов материалов. На рисунке 1 показана диаграмма деформирования материала для реального образца и компьютерной модели.

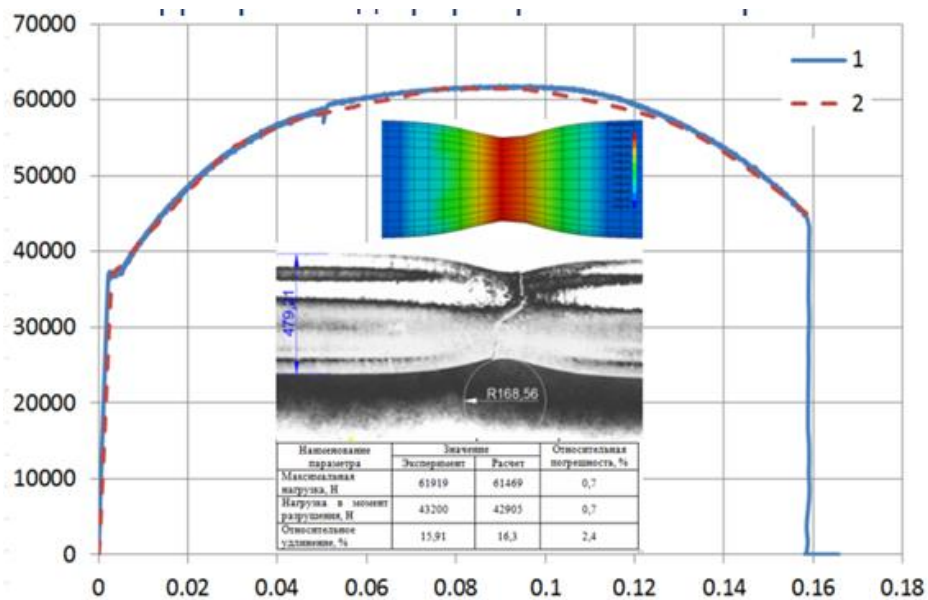


Рис. 1. Диаграмма деформирования материала

1 – компьютерная модель,

2 – реальный образец

Для того, чтобы систематизировать порядок выполняемых операций и исключить возможные ошибки при создании компьютерной модели кабины для проведения виртуальных испытаний на соответствие требованиям ROPS, была разработана методика проведения виртуальных испытаний (рисунок 2). Методика пошагово описывает последовательность необходимых действий для создания корректной компьютерной модели кабины и проведения последующих виртуальных испытаний.

Оценка достоверности результатов моделирования, полученных с применением методики, выполнялась путем сопоставления с данными экспериментального определения показателей прочности кабины карьерного самосвала по требованиям ROPS при боковом нагружении.

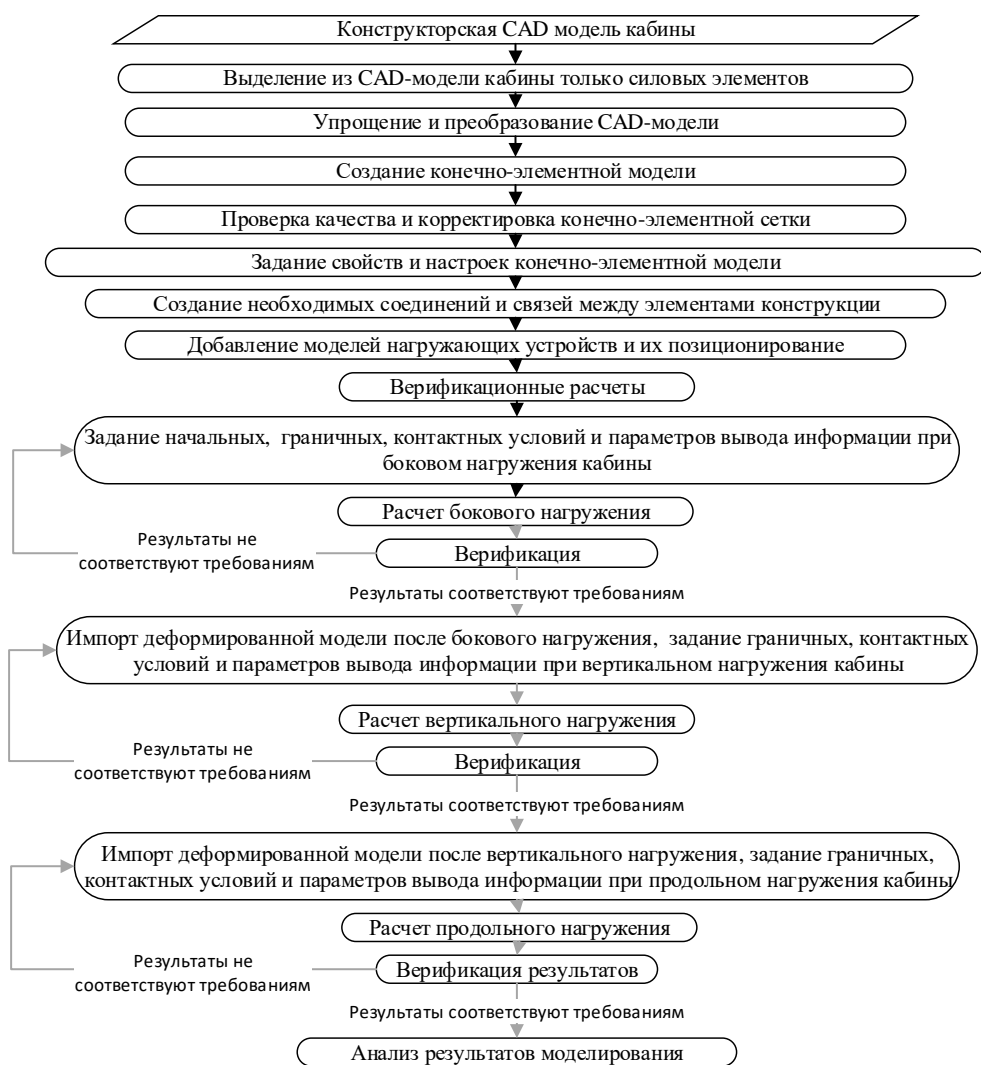


Рис. 2. Структурная схема методики проведения виртуальных испытаний кабины на соответствие техническим требованиям ROPS

Оценка достоверности результатов моделирования, полученных с применением методики, выполнялась путем сопоставления с данными экспериментального определения показателей прочности кабины карьерного самосвала по требованиям ROPS при боковом нагружении.

Конечно-элементная модель исследуемой кабины карьерного самосвала разработана в программном комплексе ANSYS. Далее модель передавалась в программу препроцессор LS-PrePost, где уточнялись настройки контактного взаимодействия конструкций, описания механических свойств материалов, граничных условий и т.п. Разработанная модель кабины представлена на рисунке 3.

Результаты компьютерного моделирования испытаний конструкций кабины для режима бокового нагружения в виде картины перемещений приведены на рисунке 4. Максимальное перемещение нагружающего устройства при виртуальном моделировании составило 263,6 мм, а в ходе натурного эксперимента – 269,5 мм. Таким образом, погрешность моделирования составила около 2%.

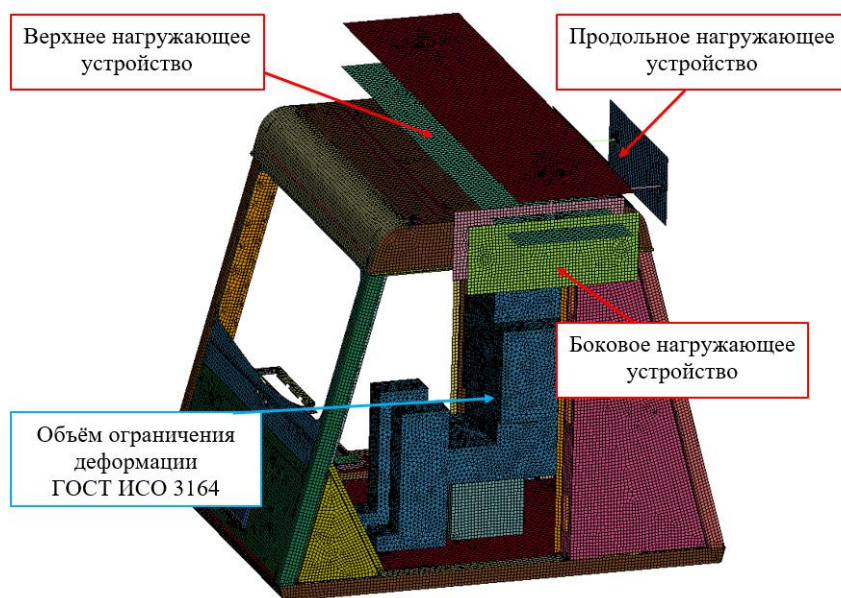


Рис. 3. Конечно-элементная модель кабины карьерного самосвала с нагружающими устройствами

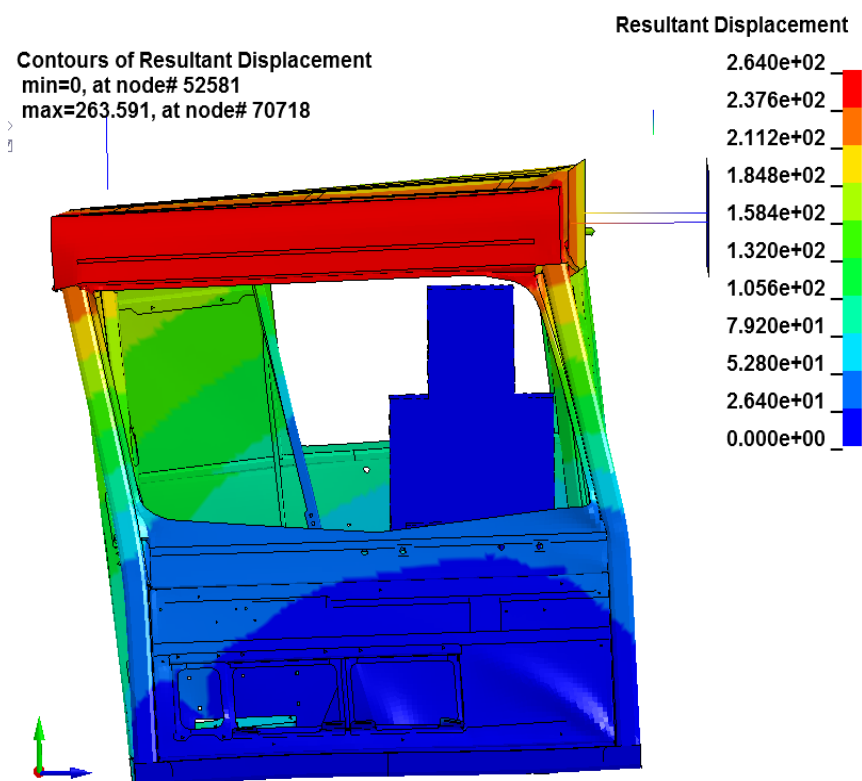


Рис. 4. Картина перемещений конструкций кабины при боковом нагружении

Использование разработанной методики проведения виртуальных испытаний кабин карьерных самосвалов на соответствие требованиям безопасности ROPS позволило с достаточно высокой достоверностью оценить искомый показатель прочности кабины при боковом нагружении. Планируется дальнейшая работа по моделированию продольного и вертикального нагружения кабины, сопоставление с соответствующими результатами натурных испытаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ ISO 3471– 2015. Машины землеройные. Устройства защиты при опрокидывании. Технические требования и лабораторные испытания. Взамен – ГОСТ ISO 3471– 2013; введ. 01.03.2016.
2. Шмелев, А. В. Основы методики виртуального моделирования испытаний кабин грузовых автомобилей по требованиям пассивной безопасности/ А. В. Шмелев, Э. В. Лисовский, В.С. Короткий // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2015. – № 3 (32). – с.64–72.