

УДК 625.08

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
НА ВЕДУЩИЕ КОЛЕСА ГУСЕНИЧНОГО БУЛЬДОЗЕРАИ. В. ЛЕСКОВЕЦ¹, А. А. ГРАЧЕВ²¹Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Санкт-Петербург, Россия

Проектирование и обеспечение надежности механизмов и деталей гусеничных машин, таких как ведущие колеса бульдозеров, является сложной инженерной задачей. Традиционно при прочностных расчетах статические нагрузки корректируются с помощью коэффициентов динамичности K_d , учитывающих дополнительные усилия от динамических нагрузок при взаимодействии движителя с грунтом и сил инерции.

Однако анализ существующих исследований и практики проектирования позволяет установить, что значения коэффициентов динамичности часто назначаются без достаточного обоснования, исходя из априорных рекомендаций. Это может приводить к негативным последствиям:

- при занижении K_d – риск усталостных разрушений и снижения ресурса;
- при завышении K_d – неоправданное увеличение массы, металлоемкости и конечной стоимости конструкции без улучшения эксплуатационных качеств.

Целью данного исследования является проведение имитационных экспериментов для определения динамических нагрузок на ведущие колеса бульдозера в процессе копания и на основе результатов моделирования – формулировка научно обоснованных рекомендаций по применению коэффициентов динамичности в прочностных расчетах.

Для решения поставленной задачи авторами используется системный подход, рассматривающий бульдозер как комплекс взаимосвязанных подсистем: «оператор – двигатель – трансмиссия – движитель – рабочее оборудование – грунт».

С целью достижения поставленных целей разработаны дифференциальные уравнения движения отдельного трака, находящегося в зацеплении с зубьями ведущего колеса. В системе дифференциальных уравнений математической модели учитываются касательная и нормальная силы со стороны трактов, взаимодействующих с колесом, усилия от соседних трактов в гусеничной цепи, геометрические и массово-инерционные параметры трака.

Данная модель интегрирована в общую имитационную модель гусеничного бульдозера, которая включает математические описания характеристик дизельного двигателя и трансмиссии, рабочего оборудования, модель взаимодействия отвала с грунтом, учитывающую сопротивление резанию, формирование призмы волочения, силы трения.

На базе математических моделей создано специализированное программное обеспечение, позволившее провести серию вычислительных экспериментов для бульдозера 10-го тягового класса. Эксперименты имитировали полный цикл

технологического процесса копания грунта: начало движения, разгон, заглубление отвала, набор призмы волочения и транспортировку грунта при трех различных толщинах стружки (100, 150 и 200 мм). Параметры грунта (категория, угол внутреннего трения, сцепление, плотность) задавались в соответствии с реальными условиями.

Проведенные имитационные эксперименты позволили получить характеристики сил сопротивления движению и вращающих моментов на ведущих колесах.

Анализ полученных результатов показал, что характеристики сил сопротивления движению носят негармонический, сложный характер, определяемый процессом резания и перемещения призмы волочения.

Момент на ведущих колесах имеет ярко выраженную гармоническую составляющую с периодом около 2 с, что указывает на доминирующее влияние собственных колебаний массово-инерционной системы машины, а не непосредственно процесса копания грунта.

На основе статистической обработки полученных результатов рассчитан коэффициент динамичности для каждого режима. Установлено, что:

- при малых нагрузках (толщина стружки – 100 мм) коэффициент динамичности достигает значительных величин – до 1,15...1,20 (15 %...20 %);
- при больших нагрузках (толщина стружки – 150 и 200 мм) коэффициент динамичности снижается и не превышает 1,03 (3 %).

На основании полученных результатов сформулированы следующие научно-практические выводы.

Динамические нагрузки на ведущие колеса носят сложный характер и определяются в большей степени собственными колебаниями конструкции машины, а не колебаниями от процесса резания.

Коэффициент динамичности не является константой для данного узла. Его величина обратно пропорциональна уровню статической нагрузки на рабочее оборудование.

При проведении прочностных расчетов ведущих колес и валов трансмиссии на максимальные нагрузки (режим полного заглубления отвала), характерные для выбора сечений и подшипников, учет коэффициента динамичности не является обязательным.

Технико-экономическое обоснование: отказ от необоснованного завышения коэффициента динамичности позволяет избежать излишнего увеличения массы и металлоемкости изделия, что ведет к снижению материалоемкости и себестоимости конструкции без ущерба для ее надежности.

Разработанная методика системного имитационного моделирования применима для оценки динамических нагрузок в других узлах гусеничных и колесных машин. Для окончательных выводов по другим системам бульдозера (например, раме, элементам подвески) требуются дополнительные целевые исследования.