

УДК 625.08+519.876.5

doi:10.18720/SPBPU/2/id25-580

ФОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗОК НА ВЕДУЩИХ КОЛЕСАХ ГУСЕНИЧНОГО БУЛЬДОЗЕРА

Игорь Вадимович Лесковец, канд. техн. наук

Белорусско-Российский университет

Беларусь, 212000, Могилев, проспект Мира, д. 43

E-mail: leskovets1966@mail.ru

Алексей Андреевич Грачев, канд. техн. наук

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29Б

E-mail: grachev_aa@spbstu.ru

Аннотация. Вычислительные эксперименты, проведенные с помощью имитационной модели гусеничного бульдозера, позволили установить, что средние величины моментов на ведущих колесах гусеничного движителя находятся в прямой связи с величинами сил сопротивления передвижению, при копании грунта возникают силы, представляющие собой периодические колебания. Параметры колебаний моментов на ведущих колесах отличаются от параметров колебаний, вызванных изменениями сил сопротивления копанию, т.е. колебательные процессы моментов на ведущих колесах не находятся в прямой взаимосвязи с силами сопротивления копанию.

Ключевые слова: гусеничный бульдозер; гусеничный движитель; имитационная модель; моменты на ведущих колесах.

1. Введение

Гусеничный бульдозер с начала XX века и до настоящего времени является одной из основных машин для производства земляных работ в строительстве и при добыче полезных ископаемых, а так же в других отраслях промышленности. Гусеничный движитель обеспечивает высокую тяговую способность при невысоких нагрузках на грунт. Давление гусениц на грунт регламентировано и не превышает 45 ... 70 кПа. Несмотря на невысокие удельные нагрузки, одним из недостатков гусеничного движителя является его невысокий ресурс, что обусловлено эксплуатацией в тяжелых условиях, предполагающих сильный абразивный износ.

Повышение эффективности гусеничных бульдозеров вызывает научный интерес многих авторов [1, 2] исследования посвящаются улучшению

показателей бульдозеров на основе оптимизации, уточнения расчетов, изменения конструктивных параметров рабочего оборудования.

Гусеничный движитель является одним из основных механизмов, определяющим характеристики бульдозера. Работоспособность, надежность и долговечность такого движителя обеспечивает эффективную работу машины. На характеристики движителя во время эксплуатации оказывают влияние условия работы и нагрузки. Определение режимов работы движителя и величин нагрузок на этапе проектирования оказывает влияние на эффективную работу, безотказность и потери энергии. Изучению гусеничного движителя посвящены научные исследования [3–5]. Одним из основных направлений научных исследований является изучение динамических процессов, происходящих при движении машин. Значительная часть исследований посвящена практическому подходу, предполагающему проведение натурных экспериментов. Такой подход невозможен при проектировании новой и модернизации существующей техники. Одним из путей для определения характеристик новых машин является изучение опыта аналогов, однако прямой перенос параметров аналогов на новую технику может дать неожиданные результаты, т.к. взаимное влияние параметров систем и механизмов движителя на его выходные характеристики не изучены в достаточном объеме.

2. Исходные данные и результаты имитационного эксперимента

Одним из путей, позволяющих определить характеристики движителя и его влияние на нагрузки в трансмиссии является имитационное моделирование, основанное на системном подходе. Авторами разработаны математическая и имитационная модели, а также программное обеспечение, позволяющие осуществить моделирование гусеничного движителя бульдозера с целью определения его динамических характеристик при работе в различных режимах [6–9].

С целью определения величин и характера нагружения ведущих колес проведен имитационный эксперимент. В качестве исследуемого объекта выступает модель гусеничного бульдозера типа «БЕЛАРУС 1502» со следующими основными параметрами:

- масса базовой машины 13600 кг;
- высота отвала 1,028 м;
- ширина отвала 3,63 м;

- двигатель типа Д-260 (максимальный вращающий момент на коленчатом валу 521 Нм при частоте вращения 1500 мин^{-1} ;
- общее передаточное число трансмиссии при включенной во время эксперимента передаче 175.

Результаты эксперимента представлены на рисунке.

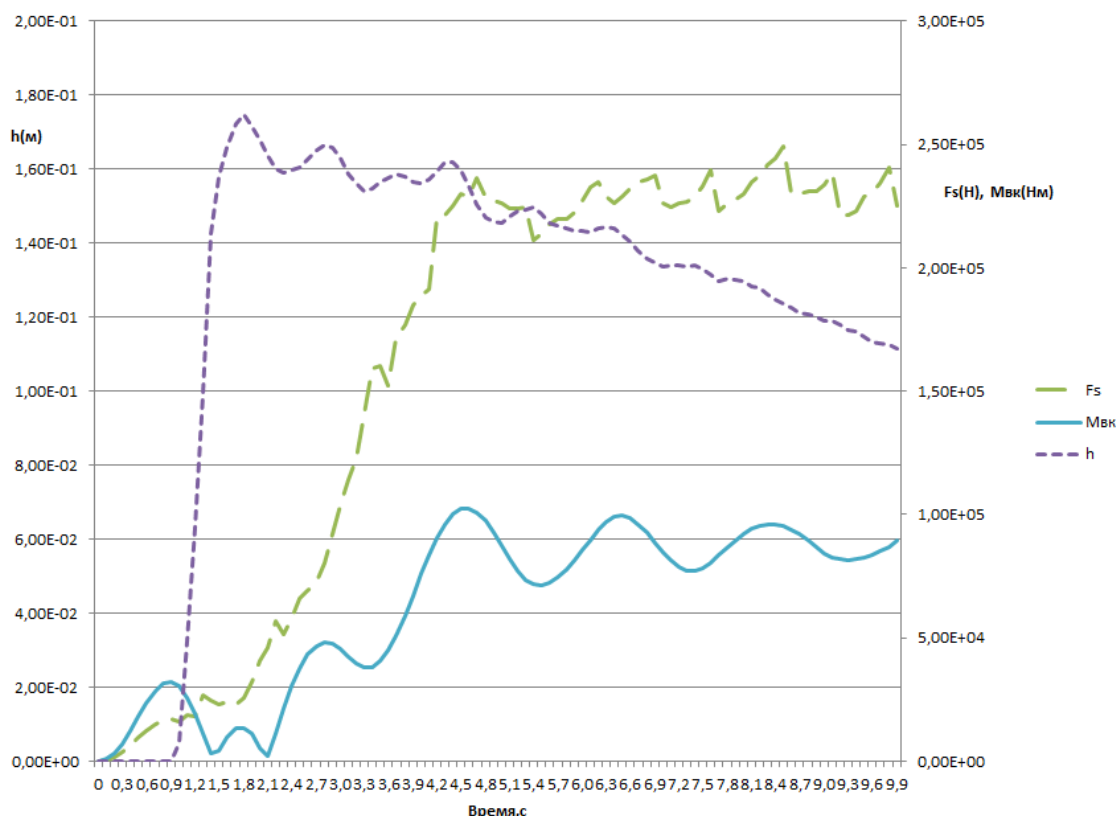


Рис.1. Зависимости сил сопротивления перемещению и момента на ведущем колесе во время процесса копания: h – толщина стружки, F_s – суммарная сила сопротивления перемещению, $M_{вк}$ – момент на валу ведущего колеса

Условия проведения эксперимента:

- начало движения осуществляется при поднятом отвале;
- положение педали акселератора – 80 %;
- время включения сцепления – 1 с.

После набора рабочей скорости – 1 м/с производится опускание отвала и начинается набор призмы волочения, толщина стружки (h) достигает 170 мм, за время увеличения толщины стружки до указанной величины начинается набор призмы волочения. При росте толщины стружки и наборе призмы волочения увеличиваются силы сопротивления передвижению, на величину которых оказывают значительное влияние силы сопротивления копанию. После набора призмы волочения производится незначительное

выглубление отвала для снижения сил сопротивления копанью. В связи с особенностями процесса копания, который сопровождается периодическим изменением сил, процесс сопровождается периодическими колебаниями с амплитудой 24,9 кН и периодом примерно 1 с.

Момент на ведущем колесе гусеничного движителя является функцией сил сопротивления передвижению. Однако если средние значения момента на ведущем колесе соответствуют средним значениям сил сопротивления копанью, характеристик колебаний имеют другие параметры:

- амплитуда колебаний составляет 102 кНм;
- период колебаний составляет около 2 секунд.

В процессе копания, несмотря на сохраняющуюся периодичность изменения сил сопротивления копанью с сохраняющейся амплитудой силы на ведущем колесе гусеничного движителя при некоторых средних значениях имеют периодические колебания со снижающейся амплитудой.

3. Заключение

Исследования, проведенные с помощью имитационной модели процесса копания гусеничным бульдозером, показывают, что момент на ведущем колесе гусеничного движителя не является постоянной величиной в процессе копания, а является функцией сил сопротивления копанью, которые в свою очередь представляют собой колебательный процесс. Однако величины моментов на ведущем колесе не находятся в непосредственной взаимосвязи с силами сопротивления копанью. Если силы сопротивления копанью представляют собой постоянный колебательный процесс, то моменты на ведущем колесе гусеничного движителя представляют собой затухающие колебания относительно какой-то средней величины.

Список использованных источников

1. Габидулин В. Д., Андреева Ю. Д., Филиппов В. С. Исследование путей повышения эффективности производительности бульдозера // Магистратура – автотранспортной отрасли. Материалы IV Всероссийской межвузовской конференции. – 2020. – С. 130-133.
2. Чичик И.А., Семенов Д.А. Применение регрессионных зависимостей для прогнозирования основных параметров перспективных моделей гусеничных бульдозеров с полусферическим отвалом // Молодежь и научно-технический прогресс. Материалы региональной научно-практической конференции. Научное электронное издание .

- коллективом Центра организации обучения проектной деятельности Инженерной школы ДВФУ. – 2019. – С. 581-584.
3. *Гудков В.В., Сокол П.А., Могутнов Р.В., Колтаков А.А.* Анализ динамики движения гусеничных машин // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж. – 2021. – С. 322-327.
 4. *Тараторкин И.А., Держанский В.Б., Абдулов С.В., Волков А.А., Тараторкин А.И.* Динамика процессов взаимодействия элементов гусеничного движителя при наезде первого опорного катка на неровность // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2023. – Т. 23. – № 3. – С. 27-38.
 5. *Tankovic M.R., Madonski R., Manojlovic S.M.* Systematic design of adrc-based unmanned tracked vehicle trajectorytracking with fpga-in-the-loop validation // Military Technical Courier. – 2024. – Vol. 72. – № 4. – Pp. – 1700-1725.
 6. *Лесковец И.В., Леоненко О.В., Бужинский А.Д.* Влияние параметров гусеничного обвода на давление опорных траков на грунт. // Интерстроймех 2014. Материалы Международной научно-технической конференции. – 2014. – С. 45-48.
 7. *Лесковец И.В., Леоненко О.В., Бужинский А.Д.* Влияние параметров гусеничной машины на величину и распределение давления на грунт // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. Материалы международной научно-технической конференции.– 2012. – Pp. 24-25.
 8. *Leskovets I.V.* Applying information technologies to a bulldozer design // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans – 2019. – P. 012039.
 9. *Leskovets I.V.* Requirements for a digital twin of the bulldozer work tool // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region (SibTrans 2020). – 2021. – P. 012025.

SYNTHESIS OF SELF-DIAGNOSIS DIGITAL DEVICES WITH CONTROLLED COMPUTING BY TWO DIAGNOSTIC SIGNS

Igor V. Leskovets, Ph. D.

Belarusin-Russian university

Republic of Belarus 212000 Mahileu pr-t Mira 43

E-mail: leskovets1966@mail.ru

Alexey A. Gratchev, Ph. D.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Russia, 190031, St. Petersburg, st. Politekhnikeskaya, 29B

E-mail: grachev_aa@spbstu.ru

Abstract. Computational experiments conducted using a simulation model of a tracked bulldozer made it possible to establish that the average values of the moments on the driving wheels of a tracked propulsion unit are directly related to the values of the forces of resistance to movement. when digging the ground, forces arise that represent periodic fluctuations. The parameters of the torque fluctuations on the driving wheels differ from the parameters of the vibrations caused by changes in the digging resistance forces, i.e. the oscillatory processes of the moments on the driving wheels are not directly related to the digging resistance forces..

Keywords: crawler bulldozer; crawler mover; simulation model; moments on driving wheels.