

УДК 631.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ОПОРНЫЕ
КАТКИ ЭКСКАВАТОРА ПРИ КОПАНИИ ПОПЕРЕК ГУСЕНИЦ**

Пономаренко Михаил Викторович

магистрант

Бахарев Алексей Александрович

кандидат технических наук, доцент

BakharevAlex@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье представлена методика и средства моделирования для определения нагрузок действующих на опорные катки экскаватора. Выявлено что методика позволяет с большой точностью определять данные нагрузки и может быть полезна на этапе эскизного проектирования машины, или на стадии модернизации.

Ключевые слова: экскаватор, гусеница, ходовое оборудование, нагрузка на каток.

Ходовое оборудование землеройных машин, кроме функции передвижения машины, также распределяет массу машины равномерно по поверхности стояния. По классификации существуют [1-3]: пневмоколесные, гусеничные, железнодорожные, комбинированные механизмы передвижения. Для больших экскаваторов используют гусеничный механизм передвижения. Основным преимуществом данного типа механизма передвижения является большая грузоподъемность и проходимость, а недостатком - значительная металлоемкость. Поэтому вопрос работоспособности являются очень актуальными для гусеничных механизмов передвижения.

В ходе работы экскаватора интенсивному износу подвергаются не только стенки и зубы ковша, а также и ходовое оборудование, и опорно-поворотный механизм [2, 4]. При этом установлено, что в ходе копания грунта нагрузки от рабочего оборудования передается через опорно-поворотное устройство и на ходовое оборудование. А учитывая тот факт, что процесс копания представляет собой чередование пиков ударной нагрузки с периодами статической нагрузки, то ходовое оборудование, а именно траки гусеничного хода, подвергаются постоянной вибрации и сотрясения при копании, что приводит к износу и выходу из строя всех механических системы экскаватора, что снижает их срок службы, и повышая вероятность внезапной и своевременной отказа механизма [5, 6].

Поэтому, актуальной является задача разработать методику и средства для определения нагрузок на ходовое оборудования при копании машины и определения максимальных нагрузок, которые могут возникать на один опорный каток или гусеничную звено, что позволит в будущем с помощью геометрических и конструктивных параметров уменьшить нагрузку на ходовое оборудование, повысив тем самым срок службы.

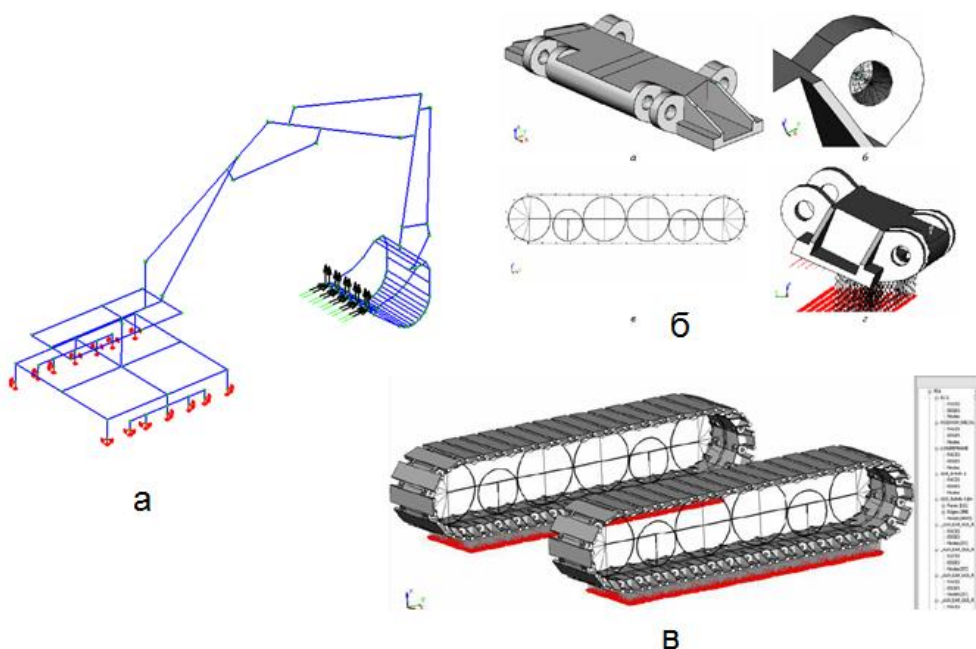
Построение математической модели осуществляется по параметрам гидравлического одноковшового экскаватора ЭО – 4121.

Процесс работы гусеничного движителя будем описывать совокупностью математических моделей элементов, формирующих состояние системы в

определенный момент времени и моментов переходов между ними. Этот метод конструирования модели системы и проведения теоретического эксперимента получил название «имитационное моделирование» [3, 5, 7].

Учитывая тот факт, что на элементы рабочего оборудования в процессе работы действуют продольные и поперечные силы, а также изгибающие моменты, металлоконструкцию экскаватора целесообразно аппроксимировать стержневыми элементами.

На рисунке 1 представлена компьютерная модель которая разрабатывалась в программе APM WinMachine. Модели экскаватора, механизма передвижения, а также элементы модели представлены на слайде.



а - модель экскаватора; б - элементы модели; в - модель механизма передвижения

Рисунок 1 – компьютерная модель в программе APM WinMachine

Модель имеет следующие упрощения:

1) Передача нагрузок со стороны рамы на гусеничные звенья осуществляется стержневыми элементами эквивалентной жесткости. Точки контакта с поверхностью гусеничных звеньев зависят от текущего местоположения гусеничной рамы относительно гусеничной ленты и ориентации звеньев в пространстве.

2) Моделирование реакции со стороны грунта на опорную площадку звеньев осуществляется стержневыми элементами. Стержни, воспринимающие растягивающие нагрузки и не прошли проверку на наличие контакта исключаются из расчетной схемы.

Гусеничные катки и нижняя рама моделируются стержневыми конечными элементами эквивалентной жесткости.

Используя созданную компьютерную модель проведено теоретическое исследование усилий действующих на ходовое оборудование.

Усилия определяются для крайних опорных элементов механизма передвижения при копании поперек гусениц. Моделируется процесс копания при копании ниже уровня стояния. Результаты представлены на рисунке 2.

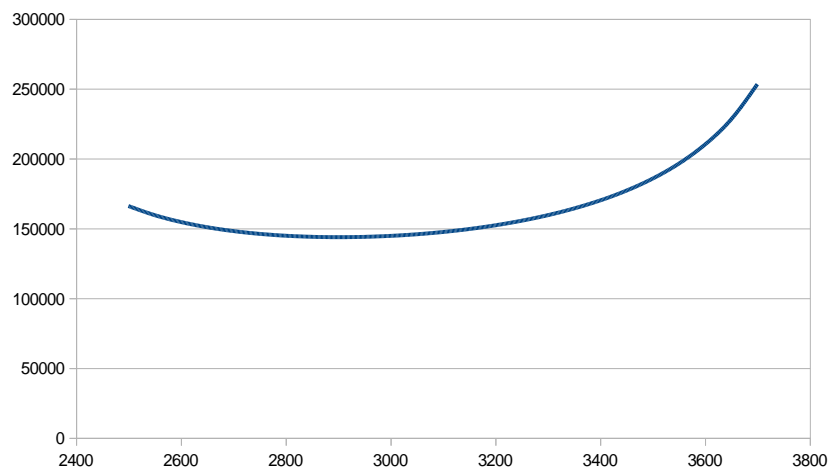


Рисунок 2 – Результаты проведенного численного эксперимента

Анализируя график видно, что максимальные нагрузки на два крайних опорные катки составляют 255 кН, при массе экскаватора 22,3 тонны, а следовательно максимальная нагрузка на один каток составляет 127,5 кН, что составляет 58,3% от массы всего экскаватора выражение (1).

Преимуществами данного решения является возможность исследования всех силовых факторов в различных условиях и расчетных случаях всех элементов рабочего оборудования и ходовой оборудования с минимизацией на это временных и денежных затрат. При использовании созданной модели возможно расширение исследовательских работ по оптимизации рабочего

оборудования при изменении в первую очередь геометрических его параметров [8-11].

Для проведения эксперимента использовалась экспериментальная установка (рисунок 3).



Параметры	ЭКГ-5
Вместимость ковша, E_k , г. ³	0,0062
Скорость копания, V_{kop} , м / с	0,27
Длина стрелы, м $l_{стр}$, мм	1100
Длина рукояти, мм	800
Мощность механизма подъема, кВт	4
Масса экскаватора, кг	140
Масса стрелы, кг	9,4
Масса ковша механической лопаты, кг	8,6
Масса рукояти механической лопаты, кг	8,8

Рисунок 3 – Экспериментальная установка

Данная экспериментальная установка является моделью экскаватора карьерного гусеничного с рабочим органом - прямая лопата. В таблице представлены некоторые технические характеристики данной модели.

Эксперимент проводился при копании экскаватора поперек гусениц. Схема расположения рабочего оборудования экскаватора во время эксперимента и расположение измерительных балок показано на рисунке 4.

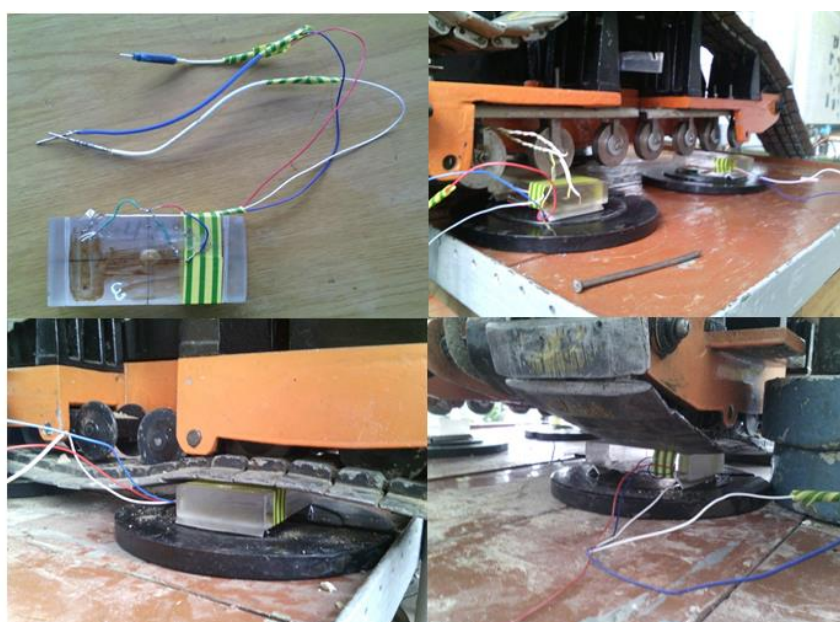


Рисунок 4 – Измерительное устройство и схема расположения измерительных балок под опорными катками

Максимальные нагрузки, которые действуют при копании, которые были получены экспериментальным путем представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№ эксперимента	Нагрузка, Н	номер балки	грунт
1	809	4	песок
2	1246	4	Песок с твердыми включениями
3	841	4	песок
4	729	4	песок
5	809	4	песок
6	841	4	песок
7	1036	4	песок
8	1650	4	Песок с твердыми включениями
9	987	4	песок

Анализируя данные эксперимента видно, что во всех экспериментах значения нагрузок почти совпадает с расчетным. А среднее значение нагрузок за серию экспериментов близкое к расчетному значение, равное 827,95 Н.

Проведя расчет нагрузок для виртуальной модели экскаватора было установлено, что максимальные нагрузки на опорный каток при тех же условиях составляют 60% - выражение (1), а при проведении эксперимента значения нагрузок на опорный каток составляют 63% - выражение (2)

$$P_{max}^1 = \left(\frac{827,95}{140 \cdot 9,81} \right) \cdot 100\% = 60,3\% \quad (1)$$

$$P_{max}^2 = \left(\frac{864,5}{140 \cdot 9,81} \right) \cdot 100\% = 63\% \quad (2)$$

Для всех случаев характерно то, что нагрузка распределялись между двумя опорными катками (для нагруженной гусеницы) и результаты показывают, что процесс копания приводит существенное влияние на нагрузку опорных катков. Из полученных результатов можно сделать вывод, что в большинстве случаев для землеройных машин максимальные нагрузки на опорный каток при копании составлять от 55% до 63% от массы машины.

Относительная погрешность в значениях нагрузок составила 4,4%, а относительные нагрузки на опорные катки по значению близки друг к другу. Из этого можно сделать вывод, о достаточную точность расчетного метода.

В таблице 2 представлены результаты предельных нагрузок на опорные элементы гусеничного хода получение из известных источников.

Таблица 2

Расчет предельных нагрузок на гусеничные звенья экскаватора

Тип экскаватора	Масса экскаватора, т	Величина равнодействующей внешних сил P , кН	Расстояние равнодействующей от оси вращения X_p , м	Ширина колеи гусеничного хода B , м	Нагрузка на гусеницу		Нагрузка на один каток P_k , кН
					$P'_{гус}$	$P''_{гус}$	
ЭКГ-3.2	124,5	1580	1,788	4,0	1496,3	83,7	748,15
ЭКГ-4	180	2246	1,58	4,34	1940,7	305,3	970,35
ЭКГ-5А	162,8	2137,5	1,437	4,33	1778,1	359,3	889,1
ЭКГ-8И	336,4	398,4	1,95	5,58	3387,1	600,2	1693,5
ЭВГ-35.65	4000	15640	6,48		5430,7		1557,8

Проанализировав результаты таблицы и рассчитав относительные максимальные нагрузки на опорный каток для экскаваторов на гусеничном ходу установили, что предельные нагрузки на опорный каток для некоторых моделей экскаваторов колеблются в интервале от 51% до 61% от общей массы машины. Тем самым получили данные свидетельствующие о достаточной точности для разработанных средств моделирования нагрузок на механические системы землеройных машин. Результаты были представлены в отношении к массе машины [12-15].

Так как значения предельных нагрузок для всех случаев исследования близки друг к другу, то сделан вывод о точности разработанного метода и средств комплексного моделирования нагрузок. В соответствии с разработанной методикой можно создать модель любого экскаватора. Данная методика и средства моделирования могут быть полезны на этапе эскизного проектирования машины, или на стадии модернизации.

Список литературы:

1. Моисеев, С.А. Пути повышения эффективности машин для земляных и профилировочных работ/ С.А. Моисеев, А.А. Бахарев // Наука и образование. – 2019. – Т.2. - №4. – С. 268
2. Совершенствование работы высевающего аппарата свекловичной сеялки / А.Г. Абросимов, С.В. Соловьев, А.А. Бахарев, А.А. Завражнов, Д.В. Дергачев, Д.В. Чичирин // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. - №1(60). – С. 43-48
3. Результаты экспериментальных исследований устройства гидродинамической мойки колес грузовых автомобилей / А.А. Стукалов, С.В. Дьячков, С.В. Соловьев, А.А. Бахарев, А.Г. Абросимов // Наука и образование. – 2020. – Т.2. - №3. – С. 190
4. Критерии оценки эффективности процесса разделения фракций в сепараторах молотковых дробилок / А.П. Ерохин, С.В. Дьячков, А.А. Бахарев, Е.В. Пальчиков, Р.А. Новичков // В.И. Вернадский: Устойчивое развитие регионов. Материалы международной научно-практической конференции. – 2016. - С. 89-94
5. Guardrail hydrodynamic washing machine / S.V. Dyachkov, S.V. Solovyov, V.Y. Lantsev, A.A. Bakharev, A.G. Abrosimov // International journal of engineering and advanced technology. – 2019. – т.9. - №1. – p. 4520-4526
6. Борзых, Д.А. Пути снижения трудоемкости работ по ремонту двигателей в ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий / Д.А. Борзых, А.А. Бахарев // Наука и образование. – 2020. – Т.3. - №4. – С. 22
7. Чаленко, А.В. Пути повышения эффективности ремонта грузовых автомобилей путем совершенствования метода капитального ремонта КПП / А.В. Чаленко, А.А. Бахарев // Наука и образование. – 2020. – Т.3. - №4. – С. 21
8. Замарин, А.С. Пути повышения эффективности работ при восстановлении коленчатых валов двигателей / А.С. Замарин, А.А. Бахарев // Наука и образование. – 2020. – Т.3. - №4. – С. 20

9. Дьячков, С.В. Применение системы компас-3d для решения научных задач в агроинженерии / С.В. Дьячков, А.А. Бахарев, А.А. Урюпин // Наука и образование. – 2019. – Т.2. - №2. – С. 201
10. Гридин, В.В. О повышение эффективности транспортировки ТБО на территории тамбовской области / В.В. Гридин, А.А. Бахарев // Наука и образование. – 2020. – Т.3. - №4. – С. 19
11. Теоретические предпосылки к исследованию устройства для нанесения антигравийных покрытий на кузовные элементы транспортно-технологических машин / А.А Кондрашин, С.В. Дьячков, С.В. Соловьев, А.А. Бахарев, А.Г. Абросимов // Наука и образование. – 2020. – Т.3. - №2. – С. 189
12. Теоретические предпосылки к исследованию устройства гидродинамической мойки элементов дорожных ограждений / С.В. Дьячков, С.В. Соловьев, В.Ю. Ланцев, А.А. Бахарев, А.Г. Абросимов // Научная жизнь. – 2019. – Т.14. - №5. – С. 666-674
13. Исследование дискового высевающего аппарата и обоснование его параметров / А.Г. Абросимов, С.В. Соловьев, А.А. Бахарев, В.Ю. Ланцев, А.А. Завражнов, Д.В. Дергачев // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. – 2020. - №156. – С. 88-97
14. Манаенков, К.А. Совершенствование обработки почвы в приствольных полосах интенсивных садов / К.А. Манаенков, М.С. Колдин, Ж.А. Арькова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 3 (17). – С. 28-34.
15. Ресурсосберегающая технология ухода за почвой в многолетних насаждениях / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, В.В. Миронов, В.Ю. Ланцев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2008. - № 2. - С. 17-18.

UDC 631.3

**INVESTIGATION OF THE LOADS ACTING ON THE EXCAVATOR
SUPPORT ROLLERS WHEN DIGGING ACROSS THE TRACKS**

Ponomarenko Mikhail Viktorovich

master's student

Bakharev Aleksey Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

BakharevAlex@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia.

Annotation. The article presents a methodology and modeling tools for determining the loads acting on the excavator support rollers. It was revealed that the technique allows determining these loads with great accuracy and can be useful at the stage of preliminary design of the machine, or at the stage of modernization.

Key words: excavator, caterpillar, undercarriage equipment, load on the roller.