

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ТРАКТОРА ПРИ ЕГО РАБОТЕ В АГРЕГАТЕ С ПОЛУНАВЕСНЫМ СКРЕПЕРОМ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТИ РАЗГРУЗКИ ПОСЛЕДНЕГО

Калинин Е.И., к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведен анализ влияния выгрузки транспортируемого материала с ковша полунавесного скрепера, при представлении последнего как жесткого твердого тела переменной массы, на тяговое усилие энергетического средства, входящего в состав ЗТМ.

Введение. Установлено, что при выгрузке транспортируемого материала с ковша полунавесного скрепера происходит смещение центра масс последнего, что приводит к возникновению дополнительных моментов, участвующих в формировании как тягового усилия трактора в частности, так и его тягово-энергетических характеристик в целом.

Анализ литературных источников. Работами проф. Г.М. Кутькова было предложено рассматривать тяговое усилие трактора не как стационарную, а некоторую функциональную зависимость, которая в общем виде является случайной функцией, которую можно представить в виде нескольких составляющих, различающихся между собой амплитудой и частотой.

Так, используя комбинацию методов наложения и огибающих, удалось в работах [1, 2] выделить пять основных составляющих случайного процесса колебаний нагрузки на крюке, который был зарегистрирован при работе трактора Т-150. Установлено, что составляющие не являются строго гармоническими функциями, так как период колебаний каждой такой гармоники изменяется в некоторых пределах [3].

При этом в работе [4] установлено, что две составляющие из пяти полученных возникают вследствие взаимодействия трактора и машины с грунтом, две совпадают с собственной частотой колебаний остова трактора и одна генерируется в ходовой системе трактора.

Можно ожидать, что нестационарность массы машины, с которой агрегируется трактор, также приводит к возникновению дополнительных колебаний тягового усилия.

Цель работы и постановка задачи. Цель работы – оценка влияния разгрузки полунавесного скрепера на формирование тягового усилия трактора, входящего в состав ЗТМ. Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть комплекс сил, действующих на скрепер, как плоскую систему сил.

Основная часть. Для анализа формирования тягового усилия трактора, рассмотрим систему сил, действующих на скрепер (рис. 1). Она является плоской и включает в себя: G_i – вес скрепера в характерных состояниях,

связанных с периодами его разгрузки, H (является функцией времени, поэтому на рис. 1 представлен в виде эпюры); N – реакция опоры, возникающая на колесе скрепера, H ; P_f – сила сопротивления перекачиванию колеса скрепера, H .

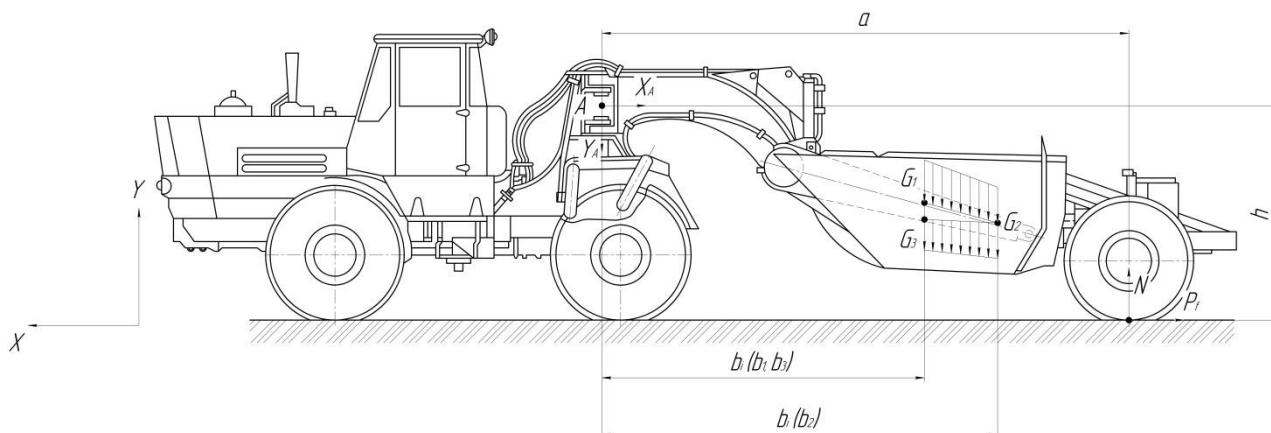


Рис. 1 – Плоская система сил, действующая на скрепер

Введем систему координат, ось абсцисс которой совпадает с направлением движения агрегата, и точку A , расположенную в шарнире седельно-сцепного устройства. В данной точке приложена реакция связи (тяговое усилие трактора), которую, для большей информативности, целесообразно разложить на две составляющие: X_A , которая эквивалентна тяговому усилию трактора на крюке и Y_A – сила, обеспечивающая догрузку заднего моста трактора за счет частичного переноса веса полунавесной машины.

Введем необходимые геометрические характеристики: a – расстояние от точки A до оси вращения колеса скрепера, м; $b_i (b_1, b_2 \text{ и } b_3)$ – расстояния от точки A до точек приложения веса скрепера, характеризующих периоды его разгрузки.

Ввиду того, что данная система сил является плоской, условие ее равновесия выразится в виде:

$$\begin{cases} -X_A - P_f = 0 \\ -Y_A + N - G_i = 0 \\ G_i \cdot b_i - N \cdot a + P_f \cdot h = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Из данной системы уравнений получим:

$$X_A = P_f; \quad (2)$$

$$Y_A = G_i - \frac{G_i \cdot b_i + P_f \cdot h}{a}. \quad (3)$$

Для определения сопротивления качению одинарного колеса по несущей поверхности при установившемся режиме существует несколько зависимостей. Одна из них, которая наиболее полно отражает реальные условия

взаимодействия колеса с поверхностью, имеет следующий вид [5]:

$$P_f = \frac{\gamma_{uu} \cdot u_{uu} \cdot \lambda_n \cdot h_{uu}^2}{4\pi r_\partial}, \quad (4)$$

где γ_{uu} – коэффициент пропорциональности;

u_{uu} – коэффициент, который определяет соотношение между работой, потраченной при одноразовом сжатии шины и за один ее оборот;

λ_n – жесткость шины;

h_{uu} – нормальная деформация шины, м;

r_∂ – динамический радиус колеса, который может быть определен из зависимости:

$$r_\partial = 0,5D_o - h_{uu}, \quad (5)$$

где D_o – свободный диаметр колеса, м.

Нормальная деформация шины может быть определена по формуле Хейдекеля [27]:

$$h_{uu} = \frac{G_i}{2\pi p_{uu} \sqrt{r_o r_c}}, \quad (6)$$

где p_{uu} – давление в шине, Па;

r_o – статический радиус шины, м;

r_c – радиус сечения шины, м:

$$r_c = \frac{b_o}{2}, \quad (7)$$

где b_o – ширина шины, м.

Коэффициент u_{uu} может быть определен по следующей зависимости:

$$u_{uu} = \frac{\pi h_{uu} (2r_o - h_{uu})}{\frac{r_o^2}{2} \left(\frac{\pi D_o}{180} - \sin \alpha \right)}, \quad (8)$$

где

$$\alpha = 2 \arccos \frac{r_o - h_{uu}}{r_o}. \quad (9)$$

Вес G_i грунта определится из зависимости:

$$G_i = \rho V g, \quad (10)$$

где ρ – плотность грунта, находящегося в ковше скрепера, кг/м³;

V – объем призмы грунта, оставшегося в ковше в данном состоянии, м^3 (определяется как сумма объемов элементарных трапеций, рассмотренных в работе [5]).

В таком случае полный вес скрепера определится как:

$$G = G_i + G_o, \quad (11)$$

где G_o – конструктивный вес скрепера, Н.

Результаты теоретических исследований.

Рассмотрим работу скрепера с грунтами I-III категории. Тогда результаты расчетов примут вид, представленный на рис. 2 и рис. 3.

Из зависимостей (рис. 2) можно сделать вывод, что ввиду наличия седельно-цепного устройства, происходит перераспределение веса скрепера, обеспечивающее незначительное формирование тягового усилия трактора. При этом величина X_A изменяется незначительно в ходе разгрузки, что говорит о ее несущественном влиянии на тягово-цепные свойства энергетического средства.

Из зависимостей (рис. 3) можно сделать вывод, что при разгрузке полунавесного скрепера осуществляется значительная разгрузка заднего ведущего моста трактора, что способствует снижению его тягово-цепных свойств. При этом зависимость является не монотонно убывающей, а представляет собой функцию, возрастающую при окончании второго состояния разгрузки ковша скрепера.

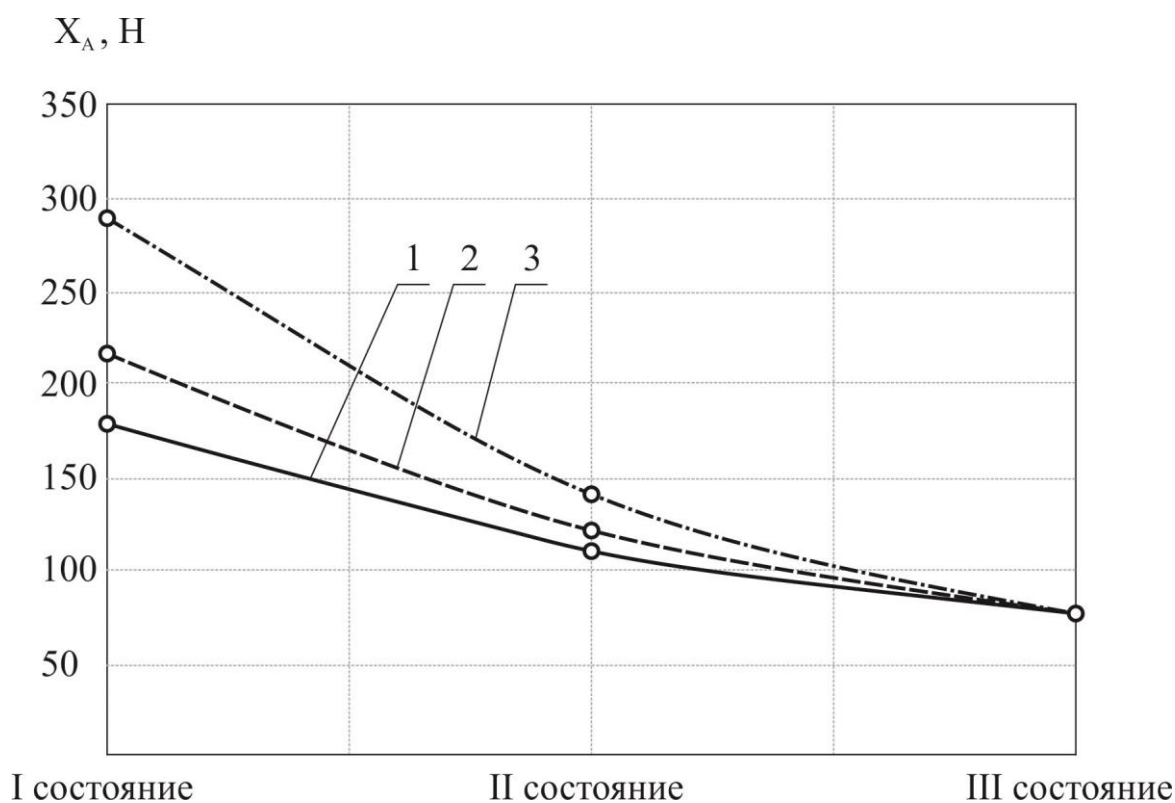


Рис. 2 – Зависимость значения реакции X_A от состояния разгрузки скрепера:
1, 2 и 3 – соответственно, I, II и III категория грунта

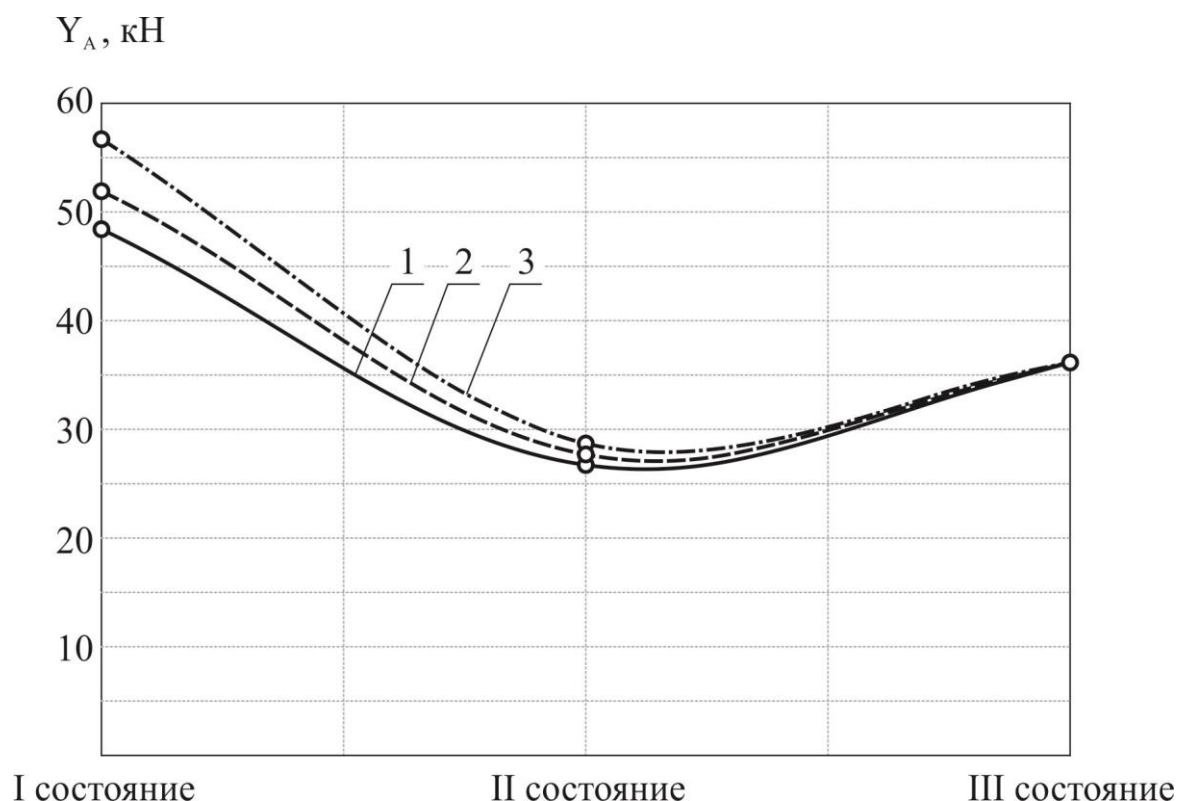


Рис. 3 – Зависимость значения реакции Y_A от состояния разгрузки скрепера.
Обозначения те же, что и на рис. 2

Выводы. При функционировании тягово-энергетического средства с полунавесной машиной переменной массы наблюдается передача части массы машины на заднюю ось трактора. При этом формируются две компланарные ортогональные силы, каждая из которых участвует в формировании тягово-энергетических показателей трактора. Сила, связанная с догрузкой ведущих колес трактора (сила Y_A), является основной силой, а ее характер изменения не имеет монотонный убывающий характер.

Список литературы

1. Кутьков Г.М. Анализ источников генераций колебаний нагрузки на двигатель тракторов [Текст] / Г. М. Гуськов, В.С. Пучков, А.И. Холин // Тракторы и сельхозмашины. – 1975. – № 6. – С. 9 – 10.
2. Пучков В.С. Имитация тяговой нагрузки скоростных гусеничных тракторов тягового класса 3,0 [Текст] / В. С. Пучков // Труды ОНТИ НАТИ. – 1975. – Вып. 236. – С. 78 – 82.
3. Кутьков Г. М. Тяговая динамика тракторов [Текст] / Г. М. Кутьков. – М. : Машиностроение, 1980. – 216 с.
4. Болотин А. А. О характере нагрузки на двигатель и силовую передачу трактора [Текст] / А. А. Болотин. // Тракторы и сельхозмашины. – 1959. – №11. – С. 15 – 19.

5. Барский И. Б. Динамика трактора [Текст] / И. Б. Барский, В. Я. Анилович, Г. М. Кутьков. – М. : Машиностроение, 1973. – 280 с.

Аннотація

АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ СИЛИ ТЯГИ ТРАКТОРА ПРИ ЙОГО РОБІТ В АГРЕГАТІ З НАПІВНАЧІПНИМ СКРЕПЕРОМ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВАНТАЖЕННЯ ОСТАННЬОГО

Калінін Є.І.

Проведено аналіз впливу вивантаження матеріалу з ковша напівначіпного скрепера, при представленні останнього як жорсткого твердого тіла змінної маси, на тягове зусилля тягово-енергетичного засобу, що входить до складу ГТМ.

Abstract

ANALYSIS OF TRACTOR TRACTION DURING ITS WORK IN UNITS WITH SEMI-MOUNTED SCRAPERS BECAUSE OF THE CHARACTER IT DISCHARGE

Y. Kalinin

The analysis of influence discharge of the transported material with semi-mounted scraper bucket, when presenting the latter as rigid bodies variable weight on traction force traction and power tools, part of the GTM.