

По регрессивным зависимостям, описывающим количество подаваемого воздуха в животноводческое помещение при работе трактора на дизельном топливе, природном газе и с установкой каталитического нейтрализатора получили следующие выражения в функциях времени, м³/ч:

$$U^{дт} = -0,04\tau^4 + 0,85\tau^3 - 5,5\tau^2 + 8,9\tau + 17,4; \quad (14)$$

$$U^{пг} = -0,03\tau^4 + 0,66\tau^3 - 4,3\tau^2 + 7\tau + 13,6; \quad (15)$$

$$U^{пгн} = -0,011\tau^4 + 0,24\tau^3 - 1,57\tau^2 + 2,54\tau + 4,9. \quad (16)$$

Таким образом, одновременное применение в качестве топлива природного газа и каталитического нейтрализатора отработавших газов приводит к снижению уровней загрязнения атмосферы животноводческого помещения в 15,95 раза, что приводит к выполнению норм предельно допустимых концентраций.

Библиографический список

1. Лиханов В.А. Разработка и исследование инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды путем снижения токсичности и дымности отработавших газов трактора класса 6кН при эксплуатации в животноводческих помещениях: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Лиханов. – Л.; Пушкин, 1982. – 19 с.

2. Маликова Н.С. К вопросу совершенствования организации воздухообмена в животноводческом помещении / Н.С. Маликова // Механизация технологических процессов в животноводстве: сб. науч. тр. / Алтайский СХИ. – Барнаул, 1989. – С. 62-65.

3. Новоселов А.Л. Последствия эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях в зимних условиях / А.Л. Новоселов // Соверш. технологии и средств механиз. сельскохоз. пр-ва: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1986. – С. 128-131.



УДК 621.313.3

**К.М. Усанов,
В.А. Каргин,
И.В. Трубенкова**

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОДНООБМОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УДАРНЫХ МАШИН С РАЗЛИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ЦИКЛАМИ

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, ударная машина, динамические характеристики, механические аккумуляторы энергии.

Анализ существующих ударных машин с импульсными линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) подтверждает эффективность однообмоточных

конструкций с упругим возвратным элементом, например, пружиной (рис. 1а) [1]. Конструктивно схожей с рассматриваемыми является машина с пружинным и гравитационным накопителями, в которой рабочий ход обеспечивается действием сил тяжести якоря и деформированной электромагнитом пружины (рис. 1б) [2].

В настоящей работе приводятся полученные экспериментально результаты сравнительного анализа динамики рабочих циклов ударных машин, выполненных по конструктивным схемам (рис. 1). В качестве исследуемой физической модели в эксперименте использован однообмоточный импульсный ЛЭМД переносной ударной машины для погружения стержневых элементов в грунт [3].

В конструктивной схеме (рис. 1а) конечная скорость рабочего и возвратного движений якоря, определяющая энергетические показатели машины, существенно зависит от параметров питающего импульса напряжения и возвратной пружины, и они выбраны так, чтобы обеспечивалось равенство конечных скоростей якоря при рабочем и холостом ходах.

При проведении экспериментов и обработке результатов обеспечивалось вертикальное положение и неподвижность корпуса машины; неизменность характеристик питающего импульса напряжения и пружины; соответствие окончания и появления тока в обмотке моментам остановки якоря, совершающего рабочий или холостой ход.

На рисунке 1а мгновенные значения действующих на якорь результирующих сил на рабочем f_{px} и холостом ходе f_{xx} соответствуют выражениям

$$f_{px} = m \frac{d^2 \delta_{px}}{dt^2} = f_{эм} - f_{np} + mg ; \quad (1)$$

$$f_{xx} = m \frac{d^2 \delta_{xx}}{dt^2} = f_{np} - mg , \quad (2)$$

где $f_{эм}$, f_{np} – сила электромагнитная и пружины;

m – масса якоря;

g – ускорение свободного падения.

В соответствии с рисунком 1б значение сил на этапе рабочего f_{px} и холостого f_{xx} движений определяются с учетом (1) и (2)

$$f'_{px} = f_{np} + mg = f_{xx} + 2mg ; \quad (3)$$

$$f'_{xx} = f_{эм} - f_{np} - mg = f_{px} - 2mg . \quad (4)$$

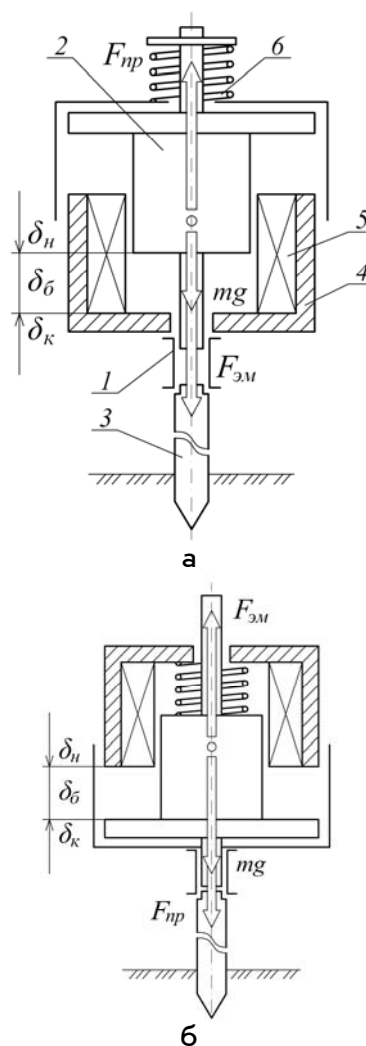


Рис. 1. Конструктивные схемы электромагнитных машин:
1 – устройство передачи энергии;
2 – комбинированный якорь-боек;
3 – металлический стержень; 4 – обмотка;
6 – пружина

Значения ускорений $a_i = \frac{d^2 \delta}{dt^2}$, скоро-

стей v_i и временных интервалов t_i рабочего и возвратного движений определены следующим образом

$$\left. \begin{aligned} a_i \frac{d^2 \delta}{dt^2} &= \frac{f_i}{m}; \\ v_{i+1} &= \sqrt{2a_i \Delta \delta + v_i^2}; \\ t_{i+1} &= \frac{(v_{i+1} - v_i)}{a} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $i, i + 1$ – номер участка на кривой силы, скорости.

Для наглядности сравнения и удобства дальнейшего анализа эффективности рассматриваемых машин результаты представлены в относительных единицах:

$$\left. \begin{aligned} \delta^* &= \delta / \delta_0; \\ v^* &= v / v_0; \\ t^* &= t / t_0; \\ P^* &= P / P_0. \end{aligned} \right\} (6)$$

В качестве базисных величин приняты: рабочий ход якоря δ_0 , вес $f_0 = mg$, время t_0 и конечная скорость v_0 его свободного падения с высоты δ_0 , мощность движения якоря $P_0 = f_0 \cdot v_0$.

Зависимости $f^*(t^*)$, $v^*(t^*)$, $P^*(t^*)$ для интервалов холостого и рабочего ходов сравниваемых конструктивных схем ударных машин (рис. 1) представлены на рисунках 2, 3.

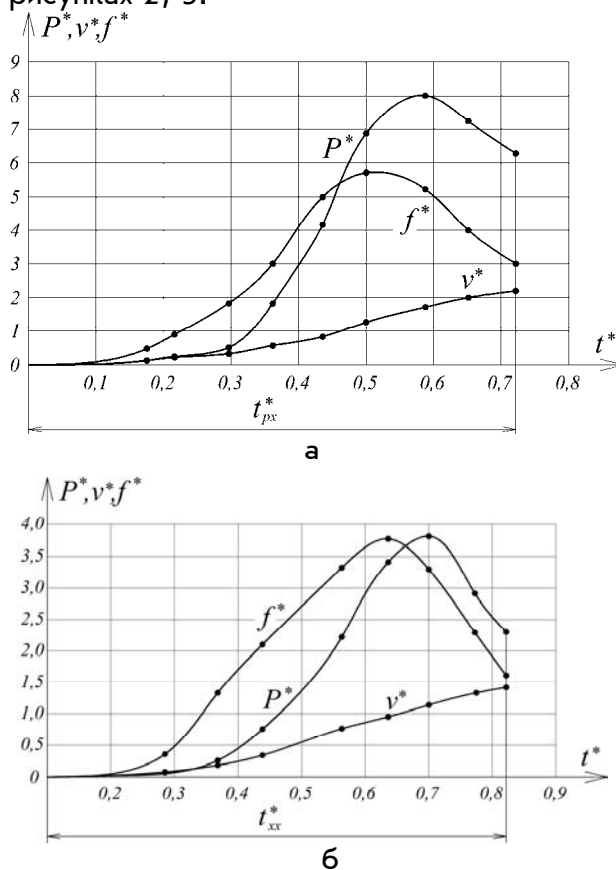


Рис. 2. Динамические характеристики рабочего цикла машины:
а – рабочий ход электромагнитом;
б – холостой ход электромагнитом

Оценим динамическую эффективность интервалов цикла, реализуемых электромагнитом и пружиной. Сопоставим относительные значения действующих на якорь сил, значений механической мощности, диаграммы изменения скорости и относительные продолжительности рабочего и холостого ходов якоря (рис. 2, 3).

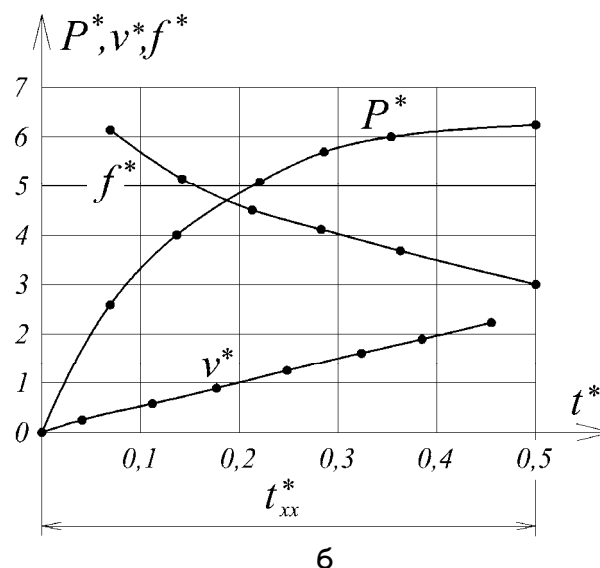
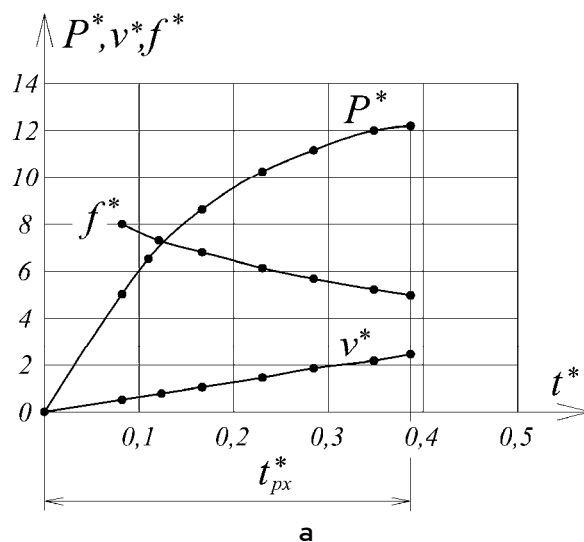


Рис. 3. Динамические характеристики рабочего цикла машины:
а – рабочий ход пружиной;
б – холостой ход пружиной

Динамические характеристики $f^*(t^*)$, $v^*(t^*)$, $P^*(t^*)$ рабочего и холостого ходов, реализуемых электромагнитом (рис. 2) или пружиной (рис. 3), схожи. Различия характеристик определяются сочетанием знаков слагаемых динамического усилия f_{px} или f_{xx} согласно (1)-(4).

Диаграммы $f^*(t^*)$, $v^*(t^*)$, $P^*(t^*)$ электромагнита (рис. 2) представлены двумя характерными участками. Начальные участки характеризуются неинтенсивным нарастанием параметров и занимают почти половину интервала движения t_{px}^* или t_{xx}^* . Конечные участки представлены интенсивным возрастанием величин и

имеют характерную форму остrokонечных, с крутыми фронтами, импульсов. При этом максимальные значения $f^*(t^*)$ или $P^*(t^*)$ не совпадают во времени и с моментом окончания хода якоря.

Вид рассматриваемых зависимостей объясняется инерционностью преобразования в электромагните электрической энергии в магнитную и накопления ее некоторого запаса в рабочих зазорах до начала движения якоря, а также возрастающим противодействием сил $f_{эм}$, f_{np} и mg результирующего динамического усилия f_{px} и особенно f_{xx} в соответствии с (4).

Для движения, реализуемого пружиной и определяемого соотношениями (2), (3), зависимости $f^*(t^*)$, $v^*(t^*)$, $P^*(t^*)$ слабо нелинейны и монотонны (рис. 3).

Рабочий и холостой ход якоря с участием пружины всегда начинается действием максимального и постепенно убывающего усилия (рис. 3). При этом интенсивность изменения скорости $v^*(t^*)$ и мощности движения $P^*(t^*)$ не меньше, чем у электромагнита, и остается почти неизменной на всем ходе якоря, а максимальное значение показателей v^* и P^* соответствует моменту его остановки (удара). Это особенно заметно при рабочем ходе машины с пружинным и гравитационным накопителями, где движущее динамическое усилие обеспечивается согласным действием сил f_{np} и mg в соответствии с (3).

Сравнение характеристик рабочих ходов якоря (рис. 2), реализуемых по рисунку 1, показывает, что в машине с накопителями (рис. 1б) максимальное усилие, конечная скорость якоря и мощность движения в 1,4; 1,2; 1,9 раза превосходят те же показатели для традиционной

схемы (рис. 1а), а продолжительность рабочего хода сокращается в два раза.

Таким образом, в машине (рис. 1б), где движение создается пружинным аккумулятором максимальным начальным и убывающим по ходу усилием при согласном действии составляющих f_{np} и mg , рабочий ход представляется эффективным и предпочтительным в динамическом отношении. Изменение пространственного положения машины и согласное действие пружинного и гравитационного аккумуляторов позволяют без увеличения подводимой мощности повысить динамическое усилие и мощность рабочего движения якоря, сократить его продолжительность по сравнению с традиционной схемой (рис. 1а). Эта конструктивная схема может успешно применяться при создании ударных машин, питаемых от источников ограниченной мощности при повышенных требованиях к мощности и быстродействию при рабочем ходе якоря. При наличии фиксатора конструкция позволяет «хранить» энергию после зарядки механического аккумулятора и использовать ее, например, на объектах без электроснабжения.

Библиографический список

1. Ряшенцев Н.П. Электромагнитные прессы / Н.П. Ряшенцев, Г.Г. Уваров, А.В. Львицын. – Новосибирск: Наука; Сиб. отд-ние, 1989. – 216 с.
2. Усанов К.М. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием: монография / К.М. Усанов, Г.Г. Угаров, В.И. Мошкин. – Курган: Изд-во Курганского гос. университета, 2006. – 284 с.
3. Усанов К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 3. – С. 59-61.

