

УДК 621.87

Крупко В. Г., Алешичев П. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТОВ НА СТЕНДЕ С КОМБИНИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ НА ОСНОВЕ ВОЛНОВОЙ ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧИ

В строительном и дорожном машиностроении методы математического, физического и физико-математического моделирования принимают все большее значение. Однако актуальной остается проблема моделирования рабочих процессов землеройных машин. Работы в этой области ведутся разрозненно и без соответствующей материально-технической базы, которая отрицательно сказывается на степени разработки и внедрения разных методов исследования, а также специального оборудования – измерительных приборов, систем управления, стендов [1].

В источниках, посвященных физическому моделированию рабочих процессов землеройных машин [1–3], приведены схемы для исследования статического и динамического разрушения грунтов, математические модели, алгоритмы решения, поставленных задач, основы расчетов.

Физические модели комбинированных приводов землеройных машин на основе волновой цепной передачи [5, 6] для импульсного разрушения грунтов с выводами результатов экспериментов раньше не рассматривались.

Целью данной работы является моделирование стенда для исследования влияния волновой цепной передачи комбинированного привода тяги драглайна на энергоемкость процесса копания, вывод результатов проведенных экспериментов.

Можно определить следующие этапы и условия физического моделирования процессов резания и копания [1]:

1. Формирование целей и задач исследования:

– для исследования постоянных и неустановившихся процессов с изменением свойств грунта.

2. Определение основных свойств грунта, для разработки которых предназначено оборудование, по стандартной методике:

– сцепление c_{wh} , углы трения r_n, d_n , удельный вес грунта $g_{г.н}$, число ударов динамического плотномера $c_{уд.н}$, размер фракции $d_{max н}$ (определяется по стандартной методике).

3. Определение коэффициента уменьшения размеров рабочего оборудования (масштабного коэффициента k_l):

$$\frac{l_n \cdot k_d}{d_{max н}} \geq k_l \leq \left(\frac{P_n \cdot e \cdot 100}{P_{np.max} \cdot k_{T.n}} \right)^{1/4}.$$

4. Расчеты параметров модели рабочего оборудования:

– емкость ковша, м³:

$$q_m = q_n \cdot k_l^{-3};$$

– линейные размеры, м:

$$l_m = l_n \cdot k_l^{-1}.$$

– углы, град:

$$a_m = a_n;$$

– скорости резания, м/с:

$$J_M = \begin{cases} J_H \cdot k_l^{-1/2} \\ J_H \cdot k_w \cdot k_g^{-1} \cdot k_l^{-2} \end{cases}$$

5. Расчеты основных параметров грунта для модели:

– сцепление, Н/м²:

$$c_{WM} = c_{WH} \cdot k_l^{-1};$$

– угол внутреннего трения, град:

$$j_M = j_H;$$

– удельный вес, Н/м³:

$$g_{z.M} = g_{z.H};$$

– число ударов плотномера:

$$c_{y.d.M} = c_{y.d.H} \cdot k_l^{-1}.$$

6. Изготовление модели рабочего оборудования:

– одна модель с масштабным коэффициентом k_l .

7. Переход от параметров модели к параметрам оригинала.

Разработка конструкции экспериментальной установки с целью наибольшего приближения условий работы модели привода тяги драглайна с волновой цепной передачей к натурной машине была выполнена с учетом теорий изложенных в источниках [1–4], а также теоретических исследований, проведенных авторами ранее [5].

Машиной-прототипом был выбран экскаватор шагающий ЕШ 10/70 производства ПАО «НКМЗ».

По определенным коэффициентам уменьшения размеров рабочего оборудования (наиболее точным выбран масштаб $k_l = 14$ [1]) была изготовлена экспериментальная установка, которая состоит из грунтового канала размерами $3500 \times 350 \times 220$ мм, заполненного на 1750 мм песком мелкой фракции и на 1750 мм глиной. Пласт насыпного грунта составлял 250 мм. Число ударов плотномера 3. Ковш драглайна $V = 0,01 \text{ м}^3$, проведенный через полиспаст кратностью $m = 2$ от двух электродвигателей легкой серии АОЛ 2-11-1 мощностью $N = 0,18$ кВт через червячный редуктор с передаточным отношением $i = 63$ одного привода и волновой цепной передачей другого привода комбинированной пары; канат наматывался на барабаны $D_{1,2} = 100$ мм. Общий вид схемы экспериментального стенда показан на рис. 1 ниже.

В грунтовом канале 1 ковш 2 перемещается при помощи тягового каната б, проходящего через блоки 3 и 4 и закрепленного на двух лебёдках: А – с цепным волновым приводом, В – с классическим приводом. Привод «А» состоит из электродвигателя 7, цилиндрического редуктора 9, от которого через зубчатую муфту крутящий момент передается на волновую цепную передачу 8 (рис. 2), а потом на барабан 10, через трехрядную цепь 5 и подвижную звездочку 11. Таким образом, ковш перемещается благодаря работе двух приводов одновременно, один из которых придает движению пульсационность, обеспечивая, дополнительное влияние на разрабатываемый грунт, уменьшает силы необходимые на преодоление сопротивления грунта, контролирует процесс «наростообразования», а также снижает энергоёмкость процесса, за счет кратковременного увеличения скорости резания [4].

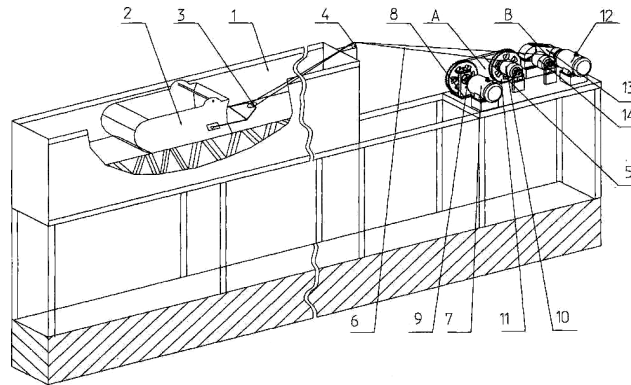


Рис. 1. Схема стэнда для исследования процесса разрушения грунта с поводом на основе цепной волновой передачи:

1 – грунтоструйный канал; 2 – ковш; 3, 4 – блоки; 5 – цепь; 6 – тягач; А – волновой цепной привод; 7, – электродвигатель; 8 – волновая цепная передача; 9 – редуктор; 10 – барабан; 11 – подвижная звездочка; В – классический привод; 12 – электродвигатель; 13 – редуктор; 14 – барабан

Волновая цепная передача обеспечивает дискретность движения. Она состоит из корпуса 1 (рис. 2), неподвижной звездочки 2, водила 4 с катками 3, цепи 5 и приводного вала 6. Таким образом, ковш получает перемещение от двух барабанов сразу.

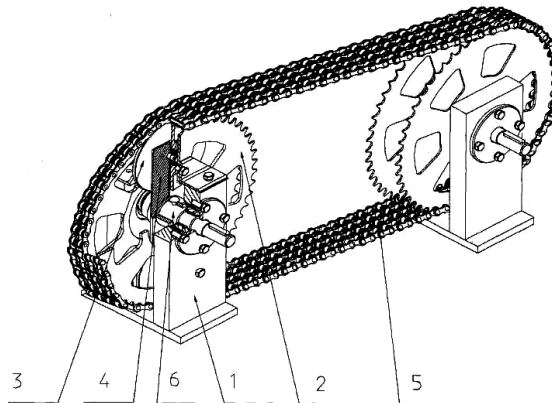


Рис. 2. Волновая цепная передача:

1 – корпус; 2 – неподвижная звёздочка; 3 – катки; 4 – водило; 5 – цепь; 6 – приводной вал

Согласно составленной матрице планирования в кодовом масштабе были проведены серии экспериментов в лаборатории кафедры ПТМ ДГМА. Для увеличения точности измеряемой величины, каждая серия опытов была проведена 3 раза. Ковш проходил рабочий участок длиной $l = 1100$ мм. Показания усилий в тягаче снимались при помощи тензоэлектрической измерительной аппаратуры и фиксировались при помощи осциллограмм приведенных ниже (рис. 3).

Как видно из полученных осциллограмм для n -ой серии опытов, при использовании комбинированного типа привода возрастает масса зачерпываемого грунта и уменьшается время копания (при прочих равных условиях).

Графическим методом интегрирования (методом трапеций) зависимостей усилий в канатах от перемещения ковша при черпании, полученных при расшифровке осциллограммы, определили работу и энергоёмкость процесса копания для всей серии опытов на данном экспериментальном стэнде. Для графического отображения результатов исследований, ниже приведены диаграммы для одной из выборочных серий опытов по зависимости энергоёмкости процесса копания от типа привода (рис. 4).

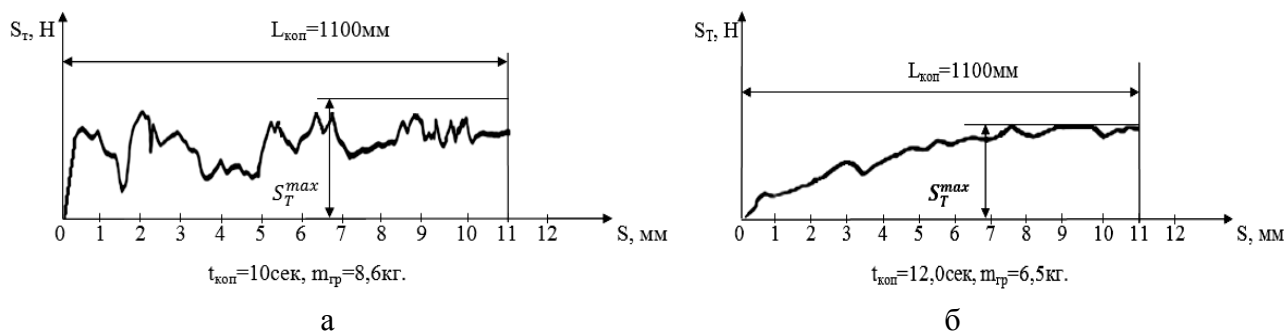


Рис. 3. Осциллограмма движения ковша с зубьями, нижним положением точки крепления упряжи при комбинированном типе привода (б) и при стандартном приводе (а) (без включения волновой цепной передачи)

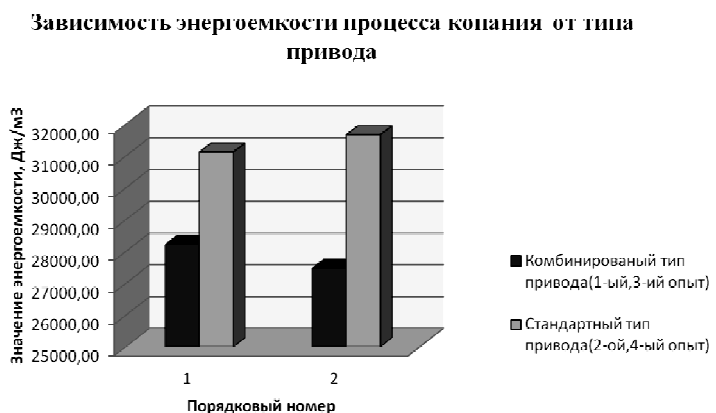


Рис. 4. Диаграмма зависимости энергоёмкости процесса копания от типа привода

Таким образом, из построенных диаграмм видно, что использование комбинированного типа привода на основе волновой цепной передаче позволяет снизить энергоёмкость процесса копания в среднем на 15 %.

Погрешность измерений при проведении всех серий запланированных экспериментов не превышает 7 %.

ВЫВОДЫ

Рассмотренный стенд в довольно широком спектре позволяет проводить ряд научных исследований относительно влияния различных параметров приводов землеройных, строительных, дорожных машин и их рабочего оборудования на процесс статического и динамического разрушения грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баловнев В. И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1974. – 232 с.
2. Баладинский В. Л. Механика динамического разрушения грунтов / В. Л. Баладинский, Ю. Д. Абрашкевич. – К. : Техника строительства, 1999. – 160 с.
3. Зеленин А. Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов / А. Н. Зеленин, Г. Н. Карасев, Л. В. Красильников. – М. : Высшая школа, 1969. – 312 с.
4. Туча Л. А. Многофакторные исследования рабочего процесса ковша экскаватора с гидрокерованною челюстью / Л. А. Туча, В. И. Курочка // Научные работы ПДАБА. – 2005. – № 99. – С. 80–85.
5. Крупко В. Г. Построение математической модели привода тяги драглайна с динамическим воздействием ковша на грунт / В. Г. Крупко, П. В. Алешичев // Научные работы ДонНТУ. – 2005. – № 99. – С. 148–151.
6. Пат. 68716 А Украина, МКВ7 F16G13/02. Волновой цепной редуктор. – № 2003109006; заявл. 06.10.2003; опубл. 16.08.2004, Бюл. № 8.