

МИНИМАШИНА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ

Болтовский В.А.¹, Байбара С.Н.¹, Дикий Р.В.¹

¹*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ (346500, Ростовская обл., г. Шахты, ул. Шевченко, 147), e-mail: mail@sssu.ru*

Показана актуальность применения легких и компактных землерезных машин в стесненных городских условиях. Для воздействия на прочный грунт предлагается использовать рабочий орган в виде фрезы, которая периодически наносит удар по его поверхности, в результате чего образуется сеть трещин, снижающих прочность массива и позволяющих производить его разработку. Такие условия существенно снижают удельный износ рабочего инструмента и позволяют эффективно разрушать прочные грунты. При ударе возникают большие силы, способствующие интенсивному воздействию на грунт. Одной из задач создания эффективной машины ударного действия является исследование влияния ударов на колебания фрезы. В рамках исследования предложена оригинальная конструкция минимашины для разрушения твердых грунтов и дорожных покрытий, приведена принципиальная схема устройства и работы опытной установки.

Ключевые слова: машина, импульс, конструкция, удар, колебания, грунт

MINIMACHINE FOR DESTRUCTION STRONG GROUNDS

Boltovskiy V.A.¹, Baybara S.N.¹, Dikiy R.V.¹

¹*Institute of the service sector and entrepreneurship (branch) DSTU (346500, Rostov reg., Shakhty, Shevchenko Str., 147), e-mail: mail@sssu.ru*

Relevance of application easy and compact machine for soil cutting in the constrained city conditions is shown. For impact on strong soil it is offered to use working body in the form of a mill which periodically strikes blow to its surface therefore the network of the cracks reducing durability of the massif and allowing to make its development is formed. Such conditions significantly reduce specific wear of the working tool and allow to destroy strong soil effectively. At blow there are big forces promoting intensive impact on soil. One of problems of creation of the effective car of shock action is research of influence of blows on fluctuations of a mill. Within research the original design of the minimachine for destruction of solid soil and pavings is offered, the schematic diagram of the device and work of skilled installation is provided.

Keywords: machine, impulse, design, blow, fluctuations, a ground

В стесненных условиях городского строительства, коммунальных работ и при ремонте дорог имеется потребность в легких мобильных машинах [1-3].

Для разрушения прочных грунтов высокой эффективностью обладают малогабаритные землерезные машины, создающие большие усилия на зуб фрезы [1]. При соударении фрезы с прочным грунтом (мерзлые грунты и твердые покрытия) возникают большие силы, которые можно использовать для создания интенсивных воздействий на грунт для его разрушения.

На рис. 1 показана принципиальная схема опытной установки.

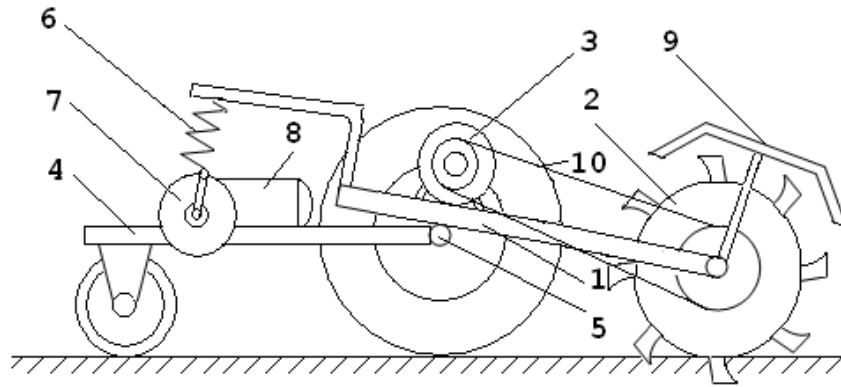


Рис. 1. Принципиальная схема опытной установки

Импульсная фреза включает маятниковую раму 1 с фрезой 2, привод 3 вращения фрезы. Маятниковая рама связана с ходовой частью 4 шарниром 5.

Другая опора маятниковой рамы 1 фрезы осуществляется упругим элементом 6, связанным с кривошипом 7, имеющим привод 8 для создания вынужденных колебаний маятниковой рамы.

Кожух 9 служит защитой от разлетающихся частиц грунта. Привод фрезы осуществляется посредством упругого элемента 10 (например, ременной передачей). Исследование влияния ударов на колебания фрезы является одной из задач создания эффективной машины ударного действия [4-6].

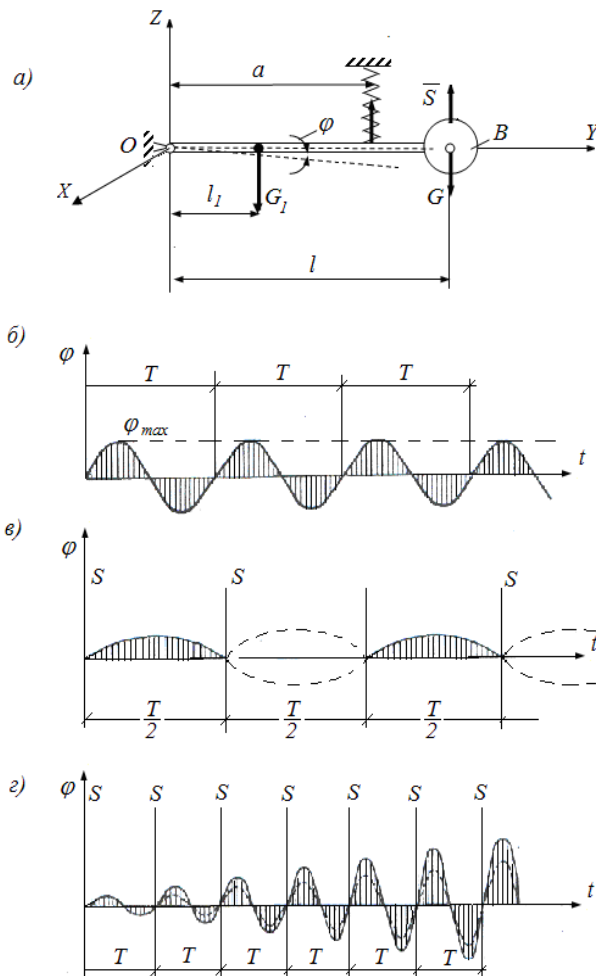


Рис. 2. Графики колебаний системы при ударных импульсах различной периодичности

Ударную обобщенную силу Q^S выразим через δ – функцию Дирака [4]

$$Q^S = H^S \delta(t - t_1), \quad (1)$$

В общем случае дифференциальное уравнение малых колебаний рамы фрезы с учетом ударных воздействий будет иметь вид:

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2 q = h^e \sin pt + h^s \delta(t - t_1), \quad (2)$$

где $k^2 = \frac{c}{a}$; $2n = \frac{b}{a}$; $h^e = \frac{H^e}{a}$; $h^s = \frac{H^s}{a}$.

Ниже рассмотрим частный случай малых колебаний при $n = 0$ и $h^e = 0$.

Схема колебаний импульсной фрезы представлена стержнем весом G_1 прикрепленного шарниром O . На конце стержня длиной l прикреплен груз (фреза) весом G . Стержень с фрезой удерживается в горизонтальном положении вертикальной пружины жесткостью c на расстоянии a от шарнира O . На груз (фрезу) действует вертикальный ударный импульс \bar{S} в некоторый момент времени t_1 (рис. 2 а).

Из выражений кинетической энергии T и потенциальной энергии Π устанавливаем коэффициенты инерции и жесткости, соответствующие обобщенной координате φ

$$a_{11} = J_{np} = \frac{Gl^2}{g} + J_x; \quad c_{11} = ca^2,$$

где J_x - осевой момент инерции стержня фрезы.

Частота свободных колебаний

$$k = \sqrt{\frac{c_{11}}{a_{11}}} = \sqrt{\frac{ca^2}{\frac{Gl^2}{g} + J_x}} = \sqrt{\frac{cga^2}{Gl^2 + J_x g}}.$$

Уравнение движения рамы фрезы будет иметь вид

$$\varphi = \varphi_0 + \tilde{\varphi} = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt + \frac{h^S}{k} \sin k(t-t_1)1(t-t_1), \quad (3)$$

где $1(t-t_1)$ - единичная функция.

Если до приложения импульса рычаг фрезы находился в покое, значение постоянных $C_1 = C_2 = 0$. Тогда из (3) получаем

$$\varphi = \frac{h^S}{k} \sin k(t-t_1)1(t-t_1), \quad (4)$$

Величина h^S - согласно формуле (2) равна $h^S = \frac{H^S}{a_n}$, где H^S - импульс обобщенной ударной силы.

Поскольку за обобщенную координату в данном случае принят угол поворота φ , то H^S представляет момент ударного импульса относительно оси вращения

$$H^S = S \cdot l.$$

С учетом этого находим

$$h^S = \frac{Sl}{\frac{Gl^2}{g} + J_x} \quad \text{или} \quad h^S = \frac{Slg}{Gl^2 + J_x g}.$$

Тогда выражение (4) принимает вид

$$\varphi = \frac{Slg}{(Gl^2 + J_x g)k} \sin k(t - t_1)l(t - t_1), \quad (5)$$

Если импульс приложен в начальный момент движения (при $t_1 = 0$), то

$$\varphi = \frac{S}{(Gl^2 + J_x g)k} \sin kt. \quad (6)$$

Максимальное значение угла отклонения рычага фрезы

$$\varphi_{\max} = \frac{S}{(Gl^2 + J_x g)k}.$$

График колебаний изображен на рис. 2 (б). Если к рычагу фрезы в течение некоторого времени прикладываются несколько ударных импульсов, действующих через равные промежутки времени (случай периодических ударов), то если удары следуют через $\Delta t = \frac{T}{2}$,

где
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a_{11}}{c_{11}}} = 2\pi \sqrt{\frac{Gl^2 + J_x g}{cga^2}},$$

то уравнение движения рычага фрезы будет

$$\varphi = \frac{Slg}{(Gl^2 + J_x g)k} \left[\sin kt - \sin k\left(t - \frac{T}{2}\right)l\left(t - \frac{T}{2}\right) + \sin k(t - T)l(t - T) - \right. \\ \left. - \sin k\left(t - \frac{3}{2}T\right)l\left(t - \frac{3}{2}T\right) + \sin k(t - 2T)l(t - 2T) \dots \right]. \quad (7)$$

Колебания будут прерывистыми, то есть будут возникать и исчезать через каждые полпериода. График таких колебаний представлен на рис. 2 (в). Если удары следуют через $\Delta t = T$, то уравнение движения будет выглядеть так

$$\varphi = \frac{Slg}{(Gl^2 + J_x g)k} \left[\sin kt + \sin k(t + T)l(t + T) + \sin k(t + 2T)l(t + 2T) + \right. \\ \left. + \sin k(t + 3T)l(t + 3T) + \sin k(t + 4T)l(t + 4T) \dots \right]. \quad (8)$$

В этом случае после каждого импульса амплитуда колебаний будет увеличиваться на величину $\frac{Slg}{(Gl^2 + J_x g)k}$, то есть неограниченно расти по закону арифметической прогрессии.

График таких колебаний изображен на рис. 2 (г). Здесь мы встречаемся с явлением, аналогичным явлению резонанса.

На рис. 3 и рис. 4 показана опытная установка импульсной фрезы.

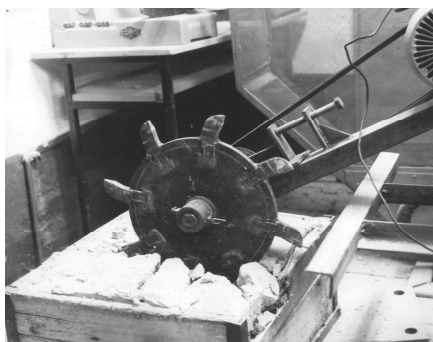


Рис. 3. Рабочий орган



Рис. 4. Опытная установка в работе

Отдельные параметры установки:

электродвигатель асинхронный	3 кВт
частота вращения фрезы	1000 об/мин
диаметр фрезы по режущим кромкам зубков	480 мм
ширина прорезаемой щели	30 мм
масса фрезы	15 кг
масса установки	100 кг

При разработке прочных грунтов требуется развивать не только высокие динамические импульсы, но и предотвращать существенное затупление рабочего органа. Поэтому ударные машины выгодно отличаются от других типов машин.

В этом случае по поверхности грунта наносится серия ударов, в результате чего образуется сеть трещин, снижающих прочность массива и позволяющих производить его разработку.

Такие условия существенно снижают удельный износ рабочего инструмента и позволяют эффективно разрушать прочные грунты.

При ударном воздействии фрезы на грунт удары следуют систематически, например, через почти равные промежутки времени $T_1 = 1,5c$ (рис. 5).

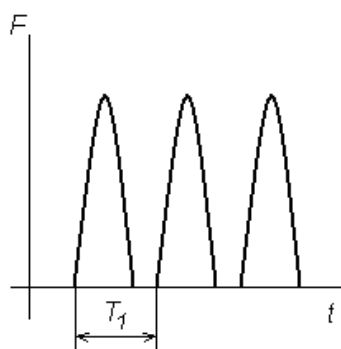


Рис. 5. Характер импульсного воздействия фрезы на грунт

Время отклика импульсов от нуля и есть время удара. При ударном воздействии фрезы прочный грунт разрушается крупным сколом, уменьшаются затраты энергии на вдавливание фрезы и трение, что позволит создать эффективную машину для стесненных условий работы. Таким образом, малогабаритная импульсная фреза может выполнять свою технологическую функцию по разрушению прочного грунта при минимуме энергетических затрат.

Список литературы

1. Пат. 2186179 Российская Федерация, МКИ Е 02 F 5/08 Землерезная машина [Текст] Болтовский В.А., Величко Е.С., Дикий Р.В., Байбара Е.Р.; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. - № 2001110157/03 ; заявл. 13.04.2001 ; опубл. 27.07.2002, Бюл. № 21. – 3 с. : ил.
2. Патент 2264969 Российская Федерация, МПК 7В 65G 33/00 А, 7В 65G 65/46 В. Вертикальный шнековый конвейер [Текст] / Адигамов К.А., Байбара С.Н.; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – № 2003116643/11; заявл. 04.06.2003; опубл. 27.11.2005, Бюл. № 33.
3. Патент 60541 Российская Федерация, МПК Е 02 F 5/08. Самоходное устройство для уплотнения и вытрамбовывания траншей и оросительных каналов [Текст] / Дикий Р.В., Кузнецов С.А.; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. – № 2005116382; заявл. 30.05.2005; опубл. 27.01.2007, Бюл. № 3.
4. Лебедев, В.А. Действие удара на механическую систему [Текст] /В.А. Лебедев, Б.К. Михайлов, И.С. Дерябин ЛИСИ, Ленинград, 1981 – 63 с.
5. Лозовой, Д.А. Механизация разработки мерзлых грунтов [Текст]: учебное пособие / Д.А. Лозовой, Ю.Е. Ветлов, А.И. Кузьяев - Саратов. СПИ, -1979. -56 с.
6. Sadaswon Sekannor K., Raju Vegeana S. Theory for shear strength of granular materials., I. Geotech. Eng. Div. Proc. Amer Soc. Civ. Eng, 1977, 103, № 8, p. 851-861.

Рецензенты:

Носенко А.С., д.т.н., профессор заведующий кафедрой «Сервис транспортных и технологических машин», Шахтинского института (филиала) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова), г. Шахты;

Евстратов В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Машины и оборудование предприятий стройиндустрии» Шахтинского института (филиала) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова), г. Шахты.