

Тургумбаев Ж.Ж., Тургумбаев М.С.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ГРУНТОВ,  
СОДЕРЖАЩИЕ КАМЕНИСТЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ**

Zh.Zh. Turgumbaev, M.S. Turgunbaev

**THEORETICAL FOUNDATION OF DEFINITION POWER CONSUMING PROCESS  
OF CUTTING GROUND, INCLUSION OF KEEPING STONY**

УДК: 621.879.06

*Рассмотрены вопросы теоретического и экспериментального определения энергоемкости процесса разрушения грунтов с каменистыми включениями. Распределение камней в грунте определено в вероятностном аспекте.*

*The questions were described theoretical and experimental definition of stony process destruction ground with stony inclusions. Distribution stony of ground are definite probability of aspect.*

Разработка грунтов с каменистыми включениями сопровождается значительными динамическими нагрузками, прежде временными усталостными повреждениями металлоконструкций землеройной техники, абразивным износом режущих элементов,

снижением производительности и повышением себестоимости разработки грунтов.

Для исследования процесса разрушения грунта с каменистым включением были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде [1].

Заполнителем грунта является суглинок, а каменистыми включениями грунта выступают крупные обломки с изменяющимися геометрическими размерами.

На рисунке 1 приведено изменение силы резания грунта с различным каменистым включением.

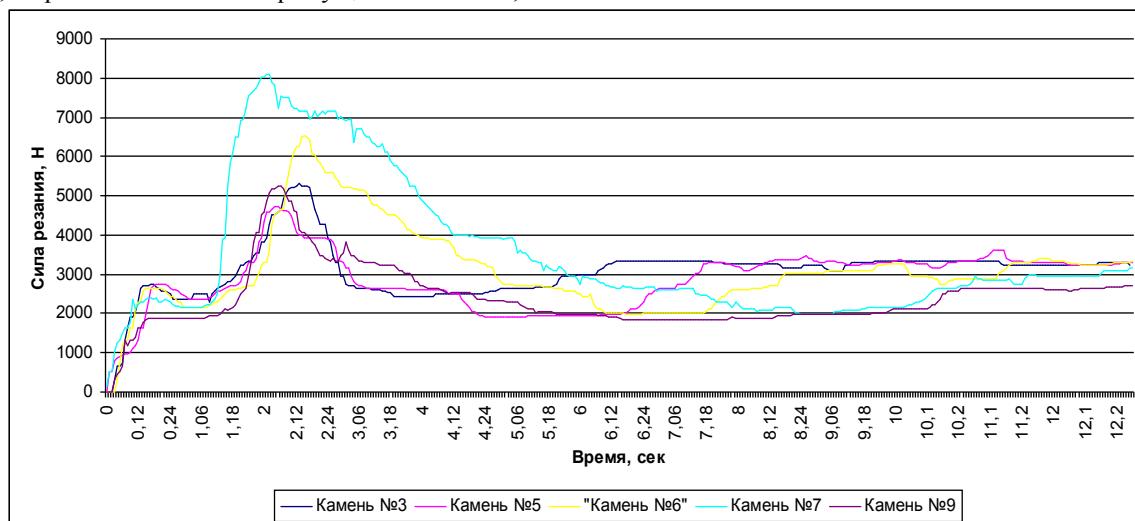


Рис. 1. График изменения силы резания грунта в зависимости от каменистых включений.

Сила резания однородного грунта – суглинка на экспериментальном стенде колеблется, в пределах от 2100 Н до 3000 Н [2]. А при резании грунта с каменистым включением, на графике изменения сил наблюдается местное повышение силы в виде «горба», когда режущий орган попадает на крупный обломок – камень [3].

Количественная оценка разрушения однородных грунтов и грунтов с каменистыми включениями производится на основе энергоемкости процесса разрушения грунтов.

Энергоемкость процесса разрушения грунта – эта количественная мера затраченной энергии для разрушения определенного объема грунта. Аналитически энергоемкость разрушения однородного грунта выражается формулой:

$$E_{одн} = \frac{A_{одн}}{V}, \quad (1)$$

где  $A_{одн}$  – работа, израсходованная для разрушения однородного грунта, Дж,

$V$  – объем разрушенного грунта,  $M^3$ .

В свою очередь объем разрушенного грунта определяется зависимостью:

$$V = bhL, \quad (2)$$

где соответственно  $b$ ,  $h$  и  $L$  – ширина, глубина, длина резания грунтов.

Работа, затраченная на разрушение однородного грунта, определяется по формуле [3]:

$$A_{одн} = P_{одн} l \cos \alpha, \quad (3)$$

где  $P_{одн}$  – сила резания однородного грунта, Н,  
 $l$  – путь движения режущего органа, м  
 $\alpha$  - угол между направлением приложенной силой резания и перемещением режущего органа.

В нашем случае, угол между силой и перемещением  $\alpha = 0$ , так как движение режущего органа осуществляется параллельно направлению действия внешней силы резания грунта. Параллельность направления действия силы и движение режущего органа обеспечивается конструкцией рабочего органа землеройной техники.

Значение силы сопротивления однородного грунта резанию острый режущим органом достаточной ширины  $b$ , на глубине резания  $h$  определяется зависимостью [4]:

$$P_{i\alpha i} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} \left\{ (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_0) (0,25a^2 h^4 \gamma^2 + a^2 h^3 \gamma C \operatorname{ctg} \varphi) \right. \\ \left. - ah^3 \gamma C \operatorname{ctg} \varphi + C^2 h^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi [(a-1)^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_0] \right\} \cdot d_i \cdot \sigma \quad (4)$$

где  $\gamma$  – объемный вес грунта,

$C$  – сцепление в грунте,

$a$  – коэффициент, зависящий от угла внешнего трения -  $\varphi_0$ , угла внутреннего трения грунта -  $\varphi$ , а также от угла наклона режущего органа к вертикали –  $\beta$  [5].

$\alpha$  – угол резания грунта,

$d_i$  – коэффициент горизонтальной или касательной силы сопротивления грунта резанию.

Коэффициент  $d_i$  равняется:

$$d_i = \sin \alpha \cos \varphi_0 + \cos \alpha \sin \varphi_0 \quad (5)$$

В случае, когда изменение силы резания -  $p_i$  в зависимости от пути движения режущего элемента -  $l_i$  определено аналитически, площадь под кривой -  $S$

равняется работе, расходуемой на разрушение грунта -  $A_{ep}$ , т.е:

$$S = A_{ep} = \int_0^L f(l) dl, \quad (6)$$

Если изменение силы резания, в зависимости от пути движения режущего элемента аналитически определить не представляется возможным, то можно определить работу разрушения грунта следующим образом:

$$A_{ep} = \sum_{i=1}^{i=n} p_{i\alpha i} l_i \quad (7)$$

где  $p_{i\alpha i}$ ,  $l_i$  - элементарные изменения силы резания грунта в функции от перемещения режущего элемента.

По предлагаемой методике определяется работа, затраченная на разрушение грунта с каменистыми включениями. Работа, необходимая для разрушения грунта с каменистым включением определяют по формуле:

$$A_{kk} = \sum_{i=1}^{i=n} p_{ik} l_i \quad (8)$$

где  $p_{ik}$ ,  $l_i$  - элементарные изменения силы резания грунта с каменистым включением в функции от перемещения режущего элемента.

Необходимая энергоемкость для разрушения грунта, содержащего каменистые включения, определяется формулой:

$$E_{kk} = \frac{A_{kk}}{V}, \quad (9)$$

где  $V$  – объем разрушенного грунта,  $m^3$ .

На рис.2 приведен график изменения силы резания грунта с каменистым включением, разделенный на элементарные участки с помощью программы Video Studio 9.0.

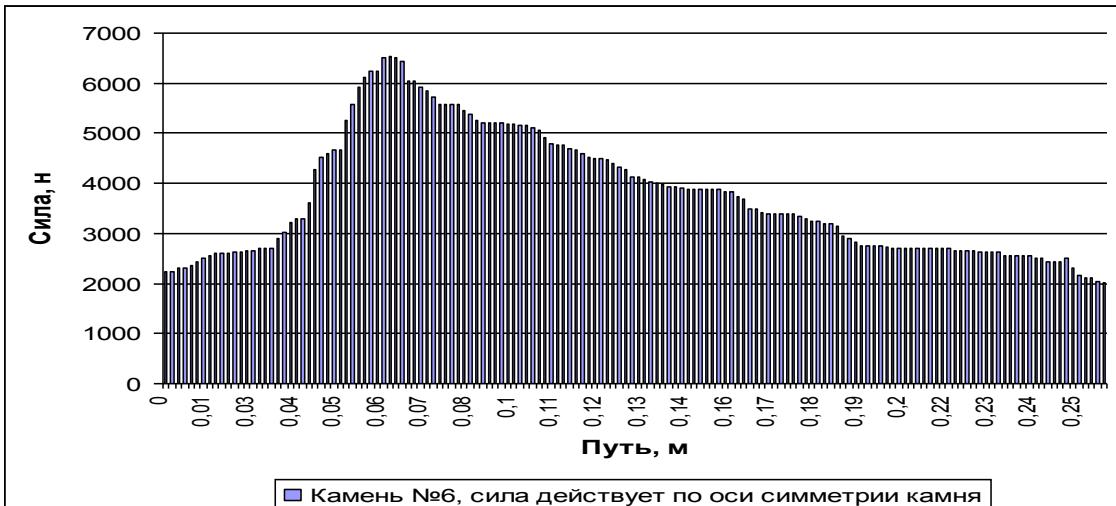


Рис. 2. Изменение силы резания грунта с каменистым включением №6 в зависимости от протяженности действия силы

Если соотнести энергоемкости процесса резания грунта, содержащего каменистые включения к

энергоемкости, израсходованной на разрушение однородного грунта, то можно будет получить

коэффициент, учитывающий влияние каменистых включений на энергоемкость разрушения грунта.

$$\eta_{\text{кам}} = \frac{E_{\text{кв}}}{E_{\text{одн}}} . \quad (10)$$

Тогда:

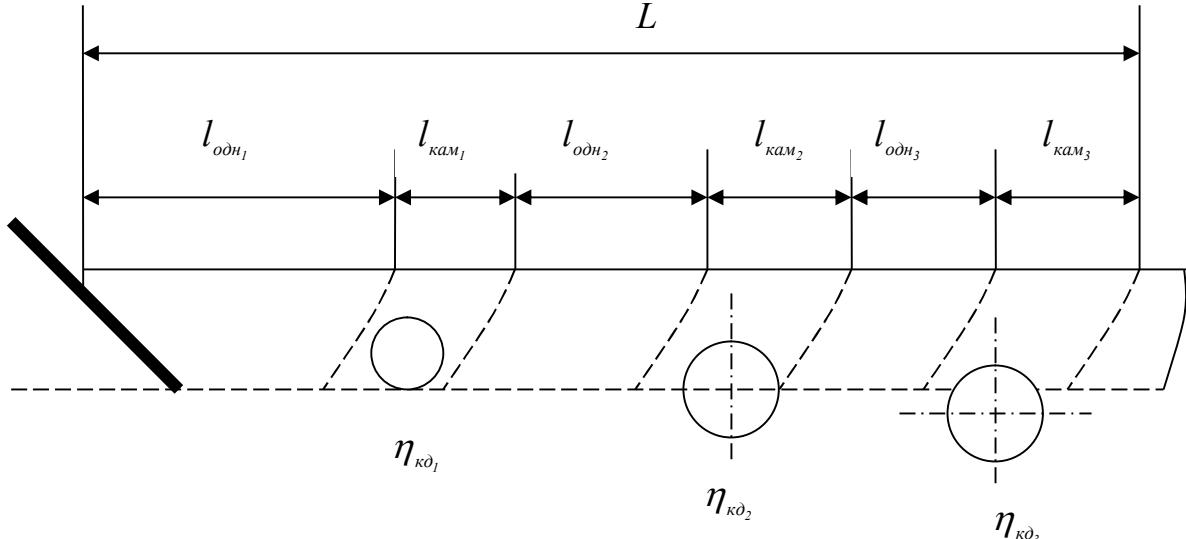
$$E_{\text{кв}} = \eta_{\text{кам}} E_{\text{одн}} \quad (11)$$

Естественно, коэффициент, учитывающий влияние каменистых включений грунтов на энергоемкость резания -  $\eta_{\text{кам}}$ , зависит от размеров,

форм, и от количества крупных обломков, содержащихся в грунте [6].

Распределение камней различных форм и размеров, и их количественное содержание в грунте определяется в вероятностном аспекте.

На основе полевых испытаний определено, что содержание камней с размерами 30...50, 50...100, 100...150, 150...200, 200...250, 250...300 мм в грунте подчиняется закону Эрланга. В дальнейшем определяется вероятность встречи камня определенного размера через определенные расстояния с режущим органом землеройных машин.



**Рис. 5.** Схема для определения общей энергоемкости процесса разрушения грунта с каменистыми включениями при перемещении рабочего органа на длину L.  $l_{\text{одн}_{1,2,3}}$  – путь перемещения режущего органа для разрушения однородного грунта на участках 1,2,3,  $l_{\text{кам}_{1,2,3}}$  – путь перемещение режущего органа для разрушения грунта с каменистым включением 1,2,3.

В случае встречи камня разных геометрических размеров через расстояния  $l_i$  с режущим органом землеройной техники (рис.3), определение общей энергоемкости грунта, содержащего каменистые включения определяется по формуле:

$$E_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{i=n} E_{\text{одн}_i} + \sum_{i=1}^{i=n} E_{\text{кв}_i} \eta_{\text{кд}_i} n_i \quad (12)$$

где  $E_{\text{одн}_i}$  - энергоемкость процесса разрушения однородного грунта на i-том участке разрабатываемого грунта,

$E_{\text{кв}_i}$  - энергоемкость процесса разрушения грунта с i-тым каменистым включением,

$n_i$  - количество камней i-го размера

$\eta_{\text{кд}_i}$  - коэффициент координат действия силы резания на камень i-го размера.

#### Литература:

1. Тургунбаев М.С., Шамуратов К.Т. Стенд для исследования процесса резания грунтов. Патент на полезную модель Кыргызской Республики №113 от 30.08.2010.
2. Тургунбаев М.С. Разрушение однородных грунтов. Материалы международной научно-практической конференции «Совершенствование конструкций и системы эксплуатации транспортной техники» (I том). – Алматы, 2010. – с. 163-167.
3. Тургунбаев М.С. Теоретические основы определения коэффициентов, учитывающих влияние каменистых включений на силу резания. Сборник материалов научно-практической конференции Таласского государственного университета. – Бишкек, 2010. с.336-341.
4. Тургунбаев М.С. Теоретическое определение силы резания грунтов с каменистыми включениями. Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры. – Бишкек, 2010. – с.191-195.
5. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. Гостехтеориздат, 1954.
6. Тургунбаев М.С. Грунты, содержащие крупные обломки. Материалы научно-практической конференции Карагандинского университета «Болашак». – Караганды, 2010. с.17-21.

Рецензент: д.т.н. профессор Жылкычиев А.И.