

Тургумбаев Ж.Ж., Тургунбаев 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 энергоёмкости 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 definitude probability of aspect.

Разработка грунтов с каменистыми включениями сопровождается значительными динамическими нагрузками, преждевременными 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.

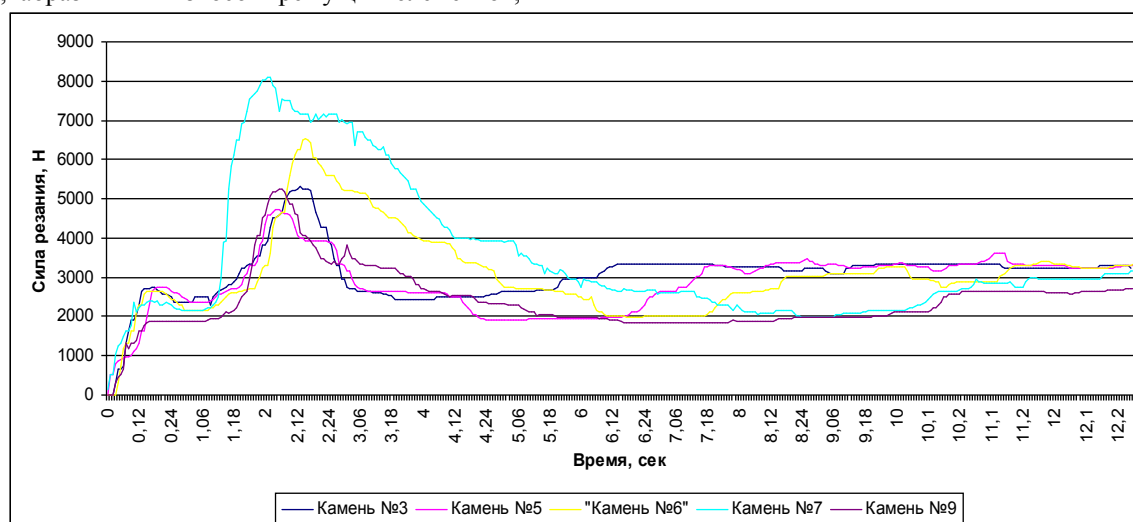


Рис. 1. График изменения сил резания грунта в зависимости от каменистых включений.

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 энергоёмкости процесса разрушения грунтов.

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

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

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

$V$  – объем разрушенного грунта,  $\text{м}^3$ .

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]:

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

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 острым режущим органом достаточной ширины  $b$ , на глубине резания  $h$  определяется зависимостью [4]:

$$P_{дн} = \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \alpha} \left\{ (1 + \tan^2 \varphi_0)(0,25a^2h^4\gamma^2 + a^2h^3\gamma C \tan \varphi) - ah^3\gamma C \tan \varphi + C^2h^2 \tan^2 \varphi [(a-1)^2 + a^2 \tan^2 \varphi_0] \right\} \cdot d_i \cdot b} \quad (4)$$

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 –  $A_{zp}$ , т.е:

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

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

$$A_{zp} = \sum_{i=1}^{i=n} p_{i26} l_i \quad (7)$$

где  $p_i$ ,  $l_i$  – 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:

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

где  $p_{квi}$ ,  $l_{квi}$  – элементарные изменения силы резания грунта с каменистым включением в функции от перемещения режущего элемента.

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

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

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.

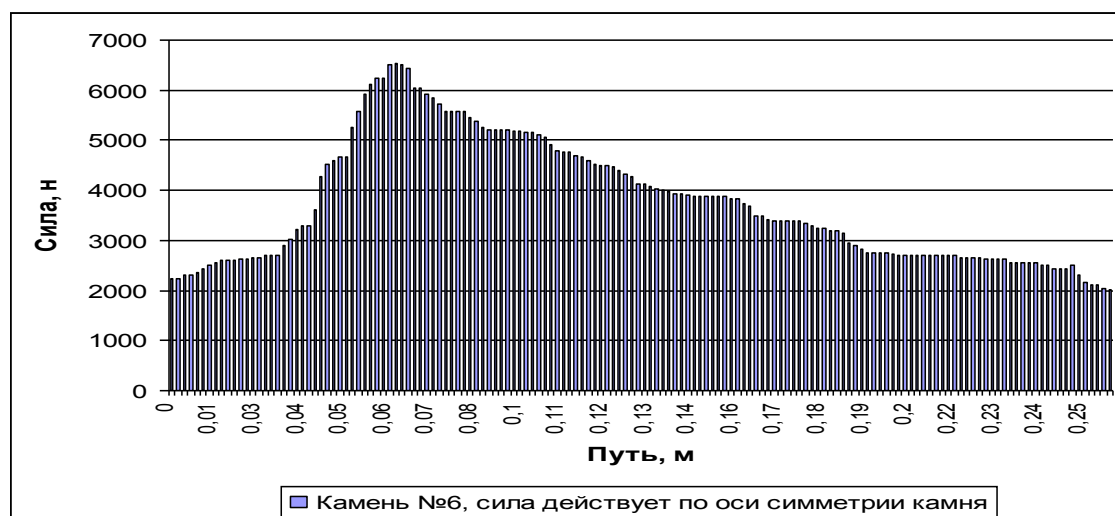


Рис. 2. Изменение силы резания грунта с каменистым включением №6 в зависимости от протяженности действия силы

Если соотнести энергоёмкости процесса резания грунта, содержащего каменистые включения к

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

коэффициент, учитывающий влияние каменистых включений на энергоёмкость разрушения грунта.

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

Тогда:

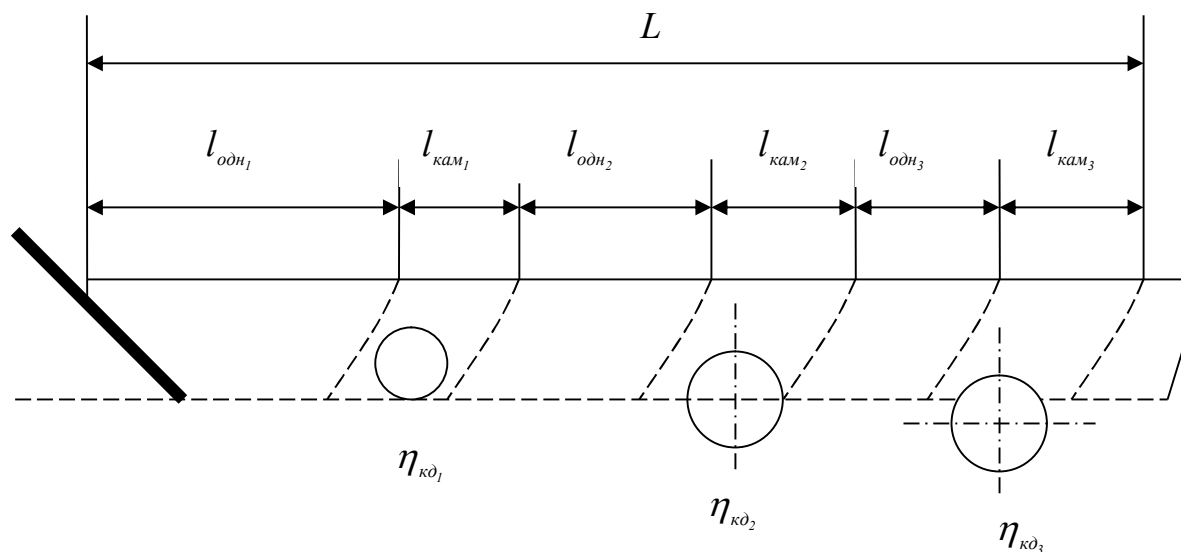
$$E_{кв} = \eta_{кам} E_{одн} \quad (11)$$

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

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

Распределение каменной различной 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 энергоёмкости процесса разрушения грунта с каменистыми включениями при перемещении рабочего органа на длину  $L$ .  $l_{одн\ 1,2,3}$  - путь перемещения режущего органа для разрушения однородного грунта на участках 1,2,3,  $l_{кам\ 1,2,3}$  - 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 энергоёмкости грунта, содержащего каменистые включения определяется по формуле:

$$E_{общ} = \sum_{i=1}^{i=n} E_{одн_i} + \sum_{i=1}^{i=n} E_{кв_i} \eta_{кд_i} n_i \quad (12)$$

где  $E_{одн_i}$  - энергоёмкость процесса разрушения однородного грунта на  $i$ -том участке разрабатываемого грунта,

$E_{кв_i}$  - энергоёмкость процесса разрушения грунта с  $i$ -тым каменистым включением,

$n_i$  - количество камней  $i$ -го размера

$\eta_{кд_i}$  - коэффициент координаты 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.