

Тургунбаев М.С.

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОПАНИЯ НА СИЛУ РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТА С КАМЕНИСТЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ**

M.S. Turgunbaev

**INFLUENCE OF PARAMETERS OF A DIGGING FORCE OF DESTRUCTION OF SOIL WITH STONY INCLUSIONS**

УДК 621.879.06

Исследовано изменение силы, удельной силы копания грунта, содержащего шаровидное каменистое включение в зависимости от ширины и глубины разрушения.

Change of force of specific force of digging of a ground contents spherical stony inclusion independent from width and depth is investigated destruction.

Одним из главных параметров режима разрушения, влияющих на силу копания грунта, является глубина копания. В работе [1] указано, что зависимость между силой и глубиной резания имеет степенной характер при разрушении песчано-глинистых грунтов.

Для изучения влияния глубины копания на силу разрушения грунта, содержащего каменистое включение, определим теоретическую силу разрушения по формуле 1, на основе данных табл.1, при следующих параметрах копания  $\alpha = 30^0$ ,  $\hat{a} = 0,5\hat{i}$ , свободное резание,  $dz = h$ ,  $h = 0,2$  м,  $R_k = 0,1$  м.

$$P_p = \sqrt{\left(u - \frac{hH}{\sin \alpha}\right)^2 + u^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_0} \cdot (\sin \alpha \cos \varphi_0 + \cos \alpha \sin \varphi_0) \cdot b + 2\pi R_1^2 \sum_1^n dN(\sin A + \cos A \operatorname{tg} \varphi_0) \sin \frac{d\theta}{2} \cos \theta \quad (1)$$

Где  $u = \frac{ah}{\sin \alpha} (0,5\gamma h + H)$ .

Табл.1.

**Физико-механические свойства грунтов, характеристики каменистого включения**

Вид грунта	Характеристики грунта				Шаровидное каменистое включение	
	$\gamma$ , Н/м <sup>3</sup>	$C$ , Н/м <sup>2</sup>	$\varphi$ , град	$\varphi_0$ , град	$dz = h$ , м	$R_k$ , м
Супесь 1	16660	9800	22	16	0,2	0,05...0,2
Супесь 2	16660	20000	22	16	0,2	0,05...0,2
Суглинок1	18424	39200	20,5	15	0,2	0,05...0,2
Суглинок	18424	54000	20	15	0,2	0,05...0,2
Глина 1	18620	160000	14,5	4,5	0,2	0,05...0,2
Глина 2	23226	200900	14,5	4,5	0,2	0,05...0,2

Результаты вычислений теоретической силы копания грунта с каменистой частицей приведены на рис.1.

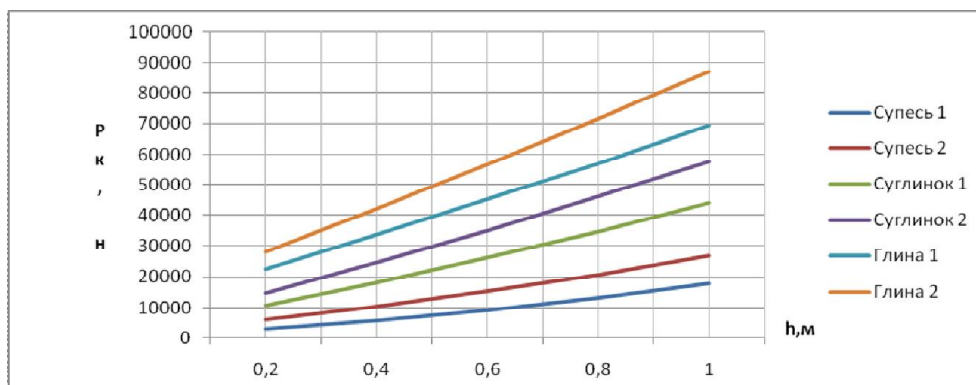


Рис.1. График зависимости  $P_k = f(h)$

Из этого графика (рис.1) видно, что зависимость между силой копания грунтов и глубиной копания имеет степенной характер. Такое объясняется тем, что горизонтальная и вертикальная силы разрушения зависят от глубины копания степенной зависимостью. Причем с увеличением  $h$ , и пластических свойств грунтов, крутизна кривых зависимости уменьшается.

Из вышеприведенных утверждений, следует вывод о том, что зависимость силы разрушения грунта, содержащего каменное включение от глубины резания, имеет степенной характер.

Экспериментальными исследованиями установлено, что разрушение грунта рабочим органом землеройной машины носит пространственный характер. Сила разрушения грунта состоит из сил разрушения грунта в лобовой части рабочего органа, и из сил разрушения в боковых расширениях и боковых срезах[2].

Аналитические выражения для определения силы разрушения грунта (1) получены в условиях плоской задачи. Соответственно приведенные формулы отвечают условиям работы широких рабочих органов, таких как, ножи бульдозеров, автогрейдеров, скреперов. Для определения силы разрушения грунтов узкими рабочими органами необходимо учитывать пространственность процесса разрушения.

Ю.А.Ветровым [2] определено, что силы разрушения в боковых расширениях и боковых срезах практически не зависят от ширины резания. Если определить отношение силы сопротивления разрушению в боковых расширениях и боковых срезах к силе сопротивления разрушению в лобовой части режущего органа, тогда можно установить, так называемый коэффициент пространственности процесса разрушения грунта, при фиксированной ширине резания:

$$\eta_{np} = \begin{cases} 0, & \text{при свободном резании,} \\ 0,5 \cdot \frac{P_{бок}}{P_{лоб}} + 0,5 \cdot \frac{P_{бок.ср}}{P_{лоб}} & \text{при полублокированном резании,} \\ \frac{P_{бок}}{P_{лоб}} + \frac{P_{бок.ср}}{P_{лоб}} & \text{при блокированном резании} \end{cases} \quad (2)$$

где  $P_{бок}$  - сила резания в боковых расширениях прорези,  $P_{бок.ср}$  - сила среза в боковых гранях рабочего органа,  $P_{лоб}$  - сила резания в лобовой части рабочего органа.

Для определения силы разрушения грунтов узкими рабочими органами необходимо учитывать пространственность процесса разрушения посредством коэффициента пространственности (2).

В этом случае, сила копания грунта, содержащего каменное включение, острым режущим органом, при установившемся режиме, с учетом пространственности разрушения, определяется формулой:

$$P_p = \left( \sqrt{\left( u - \frac{hH}{\sin \alpha} \right)^2 + u^2 \operatorname{tg}^2 \varphi_0} \cdot (\sin \alpha \cos \varphi_0 + \cos \alpha \sin \varphi_0) \cdot b \cdot \eta_{np} + \right. \quad (3)$$

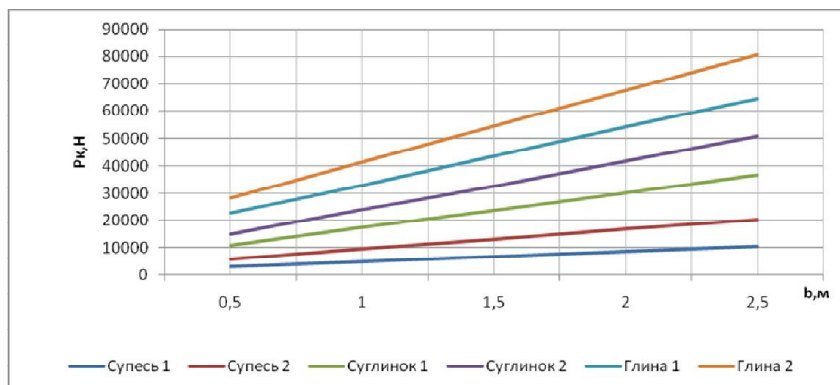
$$\left. + 2\pi R_k^2 \sum_1^n dN (\sin A + \cos A \operatorname{tg} \varphi_0) \sin \frac{d\theta}{2} \cos \theta \right.$$

$$\text{где } u = \frac{ah}{\sin \alpha} (0,5\gamma h + H).$$

Для анализа влияния ширины резания на силу копания грунта с каменным включением определим теоретическую силу разрушения по формуле 3. Исходные данные для вычисления теоретической силы копания, приведены в табл. 1. Параметрами копания являются:  $h = 0,2 \text{ м}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $b = 0,5 \dots 2 \text{ м}$  с коэффициентом пространственности  $\eta_{np} = 1,0$ . Каменным включением является шаровидная каменная частица радиусом  $R_k = 0,1 \text{ м}$ , глубиной залегания в грунтовом массиве  $dz = 0,2 \text{ м}$ .

На рис.2 приведено изменение силы разрушения грунта, содержащего шаровидное каменное включение в зависимости от ширины копания.

Из анализа рис.2 следует, что зависимость между силой разрушения и шириной копания является линейной зависимостью. Также следует отметить, что если продлить линии графиков до пересечения с осью ординат, то графики сил копания пересекаются с осью ординат на определенной высоте. Можно предположить, что величина отрезка пересечения графика с осью ординат соответствует силе разрушения в боковых разрушениях, при нулевой ширине копания.

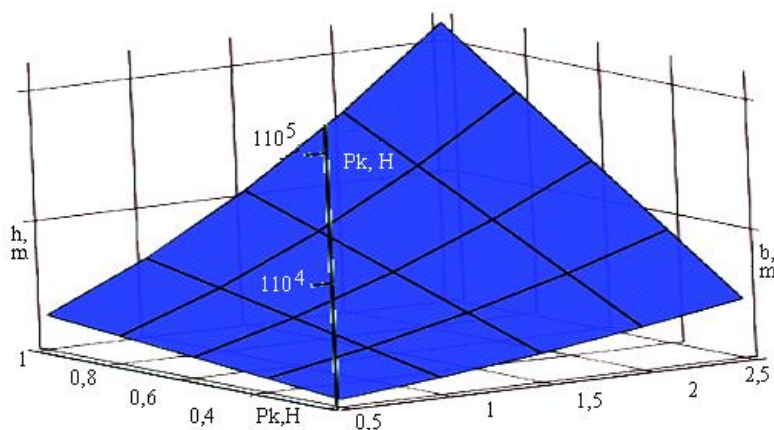


**Рис.2.** Изменение силы копания грунта, содержащего шаровидное каменистое включение в зависимости от ширины резания, при  $h = 0,2$  м,  $dz = h$ ,  $R_k = 0,1$  м.

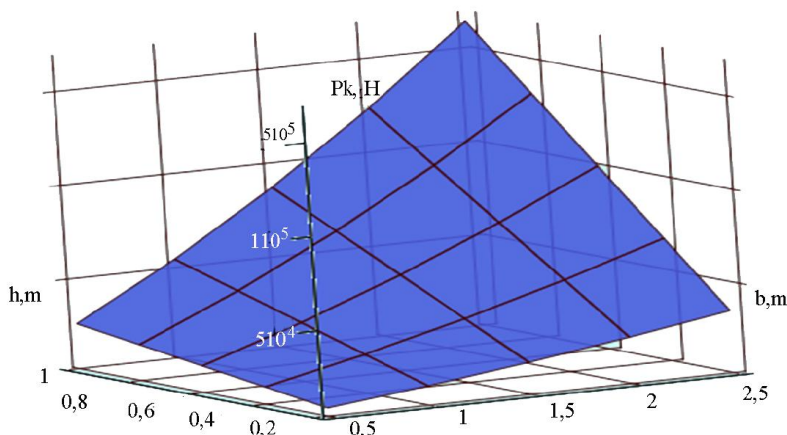
Такое положение также согласуется с тем, что сила разрушения в боковых расширениях и боковых срезах практически не зависят от ширины резания. С увеличением силы разрушения также возрастает величина отрезка отсекаемого графиком данной силы, соответственно и увеличивается силы разрушения в боковых расширениях и срезах, которая соответствует грунтам с повышенным сцеплением.

На рис. 3 и 4 показаны изменения силы разрушения грунта, содержащего шаровидное каменистое включение в зависимости от ширины и глубины резания.

Из анализа рис.3 и 4 следует, что зависимость между силой копания и глубиной, шириной копания является нелинейной зависимостью. Причем с возрастанием сцепления, пластичности грунтов, глубины и ширины копания данная зависимость приобретает еще более нелинейную зависимость.



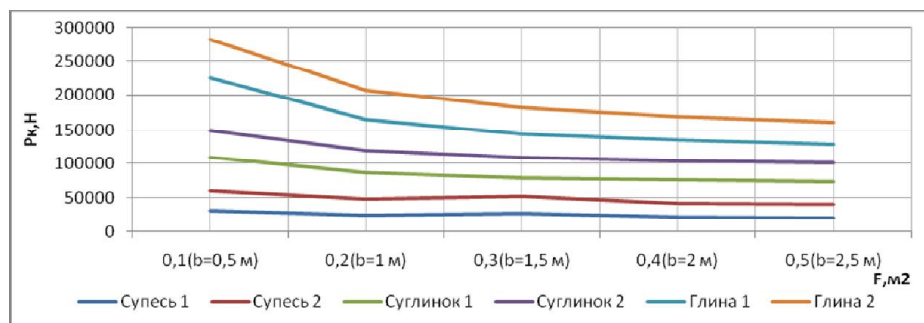
**Рис.3.** Изменение силы разрушения грунта, содержащего шаровидное каменистое включение в зависимости от ширины и глубины резания (супесь)



**Рис.4.** Изменение силы разрушения грунта, содержащего шаровидное каменистое включение в зависимости от ширины и глубины резания (глина 1).

Из этих рисунков следует также, при глубине копания  $h = 0,2$  м сила копания грунтов растет медленно в зависимости от ширины копания, чем при копании грунтов с высокой глубиной копания.

В работе [1], [2], [3], [4] указываются, что сила разрушения грунта зависит, помимо глубины, ширины среза, также от соотношения глубины и ширины среза. Если принять площади среза  $F_{ср} = 1 \text{ м}^2$ , постоянной, тогда с уменьшением глубины копания, возрастает ширина копания грунта с каменистым включением. Площадь поперечного сечения разрушенного грунта зависит от глубины и ширины резания. Изменение удельной силы разрушения при увеличении ширины резания, когда глубина резания постоянная показана на рис.5.



**Рис.5.** Изменение удельной силы копания грунта, содержащего каменистое включение с  $R_k = 0,1$  м, в зависимости от ширины резания, при  $h = 0,2$  м

Анализ рис.5 показывает, что с увеличением ширины копания крутизна кривых уменьшается. При копании грунта с каменистым включением рабочим органом шириной свыше 1,5...2 м сила копания стабилизируется, значение последней становится минимальным. Отсюда можно заключить вывод, что при малых глубинах копания, рекомендуется разрушать грунт с каменистыми включениями широкими рабочими органами.

#### Литература

1. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. -424 с.
2. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. М., 1971, 360 с.
3. Домбровский Н.Г. Экскаваторы. Общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения. М., 1969, 320 с.
4. Баловнев В.И. Новые методы расчета сопротивления резанию грунтов. – М.: Росвузиздат, 1963.

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