

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN317.pdf>

Статья опубликована 06.07.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тургунбаев М.С. К вопросу особенности разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные включения рабочим органом землеройной машины // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 622.2+624.13

Тургунбаев Мелисбек Сыргабаевич

Таласский государственный университет, Кыргызская Республика, Талас¹

Проректор по учебной и научной работе

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: melis_turgunbaev@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=844646

К вопросу особенности разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные включения рабочим органом землеройной машины

Аннотация. Разработка грунтов, содержащих обломочно-каменные включения сопровождается появлением динамических нагрузок, повышенным износом элементов ходового и рабочего оборудования, увеличением энергоемкости разработки грунтов рабочим органом землеройной машины. В связи с этим исследование особенностей разрушения грунтов с обломочно-каменными включениями рабочим органом землеройной машины носит актуальный характер.

Содержание обломочных включений, их расположение в массиве грунта изменяется от одного места к другому случайным образом. При разработке грунта по принципу послойного резания, режущий элемент землеройной машины может воздействовать ниже центра тяжести, по центру тяжести и выше центра тяжести обломочно-каменного включения грунта. Изменяется расстояние между обломочно-каменными включениями в направлении параллельного дневной поверхности грунта. В таком случае изменяются характер, геометрические параметры прорези разрушения, влияющие на энергетические параметры разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные включения.

В статье рассматриваются закономерности расположения обломочно-каменных частиц относительно режущей кромки, влияющие на характер разрушения грунта, изменение координаты элементарных подпорных стенок на поверхности обломочно-каменной частицы, определение «пассивной» поверхности обломочно-каменной частицы, лишенная структурной связи с грунтовым массивом, которые применяются при аналитическом определении силы сопротивления грунта разрушению. Определено условие, при котором боковые расширения прорези не оказывают влияние на значение силы сопротивления грунта с обломочно-каменными включениями разрушению.

¹ 724200, Кыргызская Республика, г. Талас, аллея К. Нуржанова 25

Ключевые слова: грунты; содержащие обломочно-каменные включения; вероятностный характер расположения обломочно-каменных частиц в массиве грунта; особенности (характер) разрушения грунтов; содержащих обломочно-каменные включения; закономерности расположения обломочно-каменных частиц относительно режущей кромки; координаты элементарных подпорных стенок на поверхности обломочно-каменной частицы; поверхность обломочно-каменной частицы; лишенная структурной связи с грунтовым массивом; боковые расширения прорези

Содержание обломочно-каменных включений, их расположение в массиве грунта изменяется от одного места к другому случайным образом [7]. При этом изменяются расстояния между обломочно-каменными частицами, как в направлении вглубь массива грунта – по вертикали, так и в направлении параллельного дневной поверхности грунта – по горизонтали.

Прорезь разрушения однородного грунта характеризуется глубиной, шириной резания и боковыми расширениями [1], [2], [4]. А прорезь разрушения грунта, содержащего обломочно-каменную частицу начинает изменяться в зависимости от нахождения обломочной частицы относительно режущей кромки (глубина резания) и относительно самого режущего элемента (ширина резания). В статье рассматривается влияние координаты обломочно-каменной частицы относительно режущей кромки и самого режущего элемента на геометрические параметры и характер разрушения грунта.

Землеройные машины разрабатывают грунт по принципу послойного срезания определенной толщины грунта от грунтового массива [1], [2], [4]. В зависимости от глубины залегания обломочно-каменной частицы относительно режущей кромки, режущий элемент может воздействовать нижецентра тяжести, выше центра тяжести и по центру тяжести обломочного включения в процессе разработки грунта [10]. Классификационные признаки крупнообломочных включений грунта, влияющие на процесс разрушения грунта определены в работе [6].

На рис. 1 показаны вероятностные глубины залегания обломочно-каменной частицы в массиве грунта относительно режущей кромки землеройной машины.

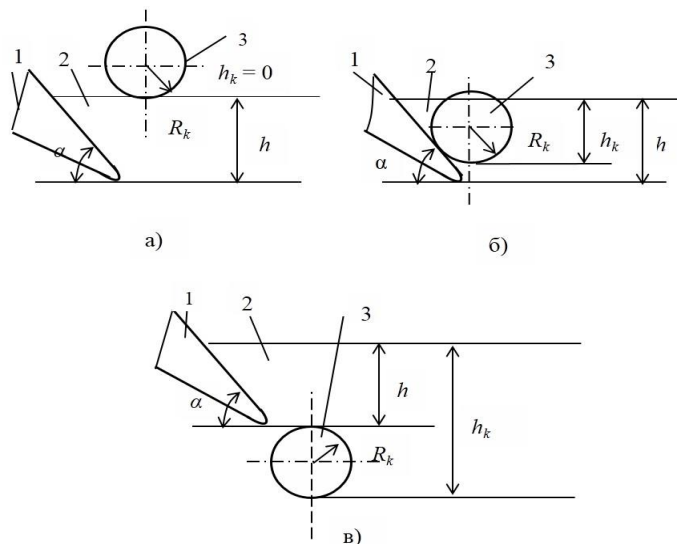


Рисунок 1. Возможные глубины залегания каменной частицы в массиве грунта:
1 – режущий элемент, 2 – грунт, 3 – обломочно-каменное включение, h – глубина резания,
 h_k – глубина залегания обломочно-каменной частицы, R_k – радиус обломочно-каменной частицы (составлено автором)

Из рис. 1 видно, что глубину залегания обломочно-каменной частицы в массиве грунта можно определить зависимостью:

$$h_k = h + x_h D_k = h + 2x_h R_k \quad (1)$$

где x_h – коэффициент, влияющий на характер разрушения грунта, определяется экспериментальным путем.

Из экспериментальных исследований установлено, что грунт может разрушаться под воздействием режущего элемента с интенсивным выкатыванием, с комбинированным выкатыванием обломочно-каменной частицы из зоны действия режущего элемента, и внедрением обломочной частицы вглубь массива грунта, в зависимости от значения коэффициента x_h [10] (рис. 2).

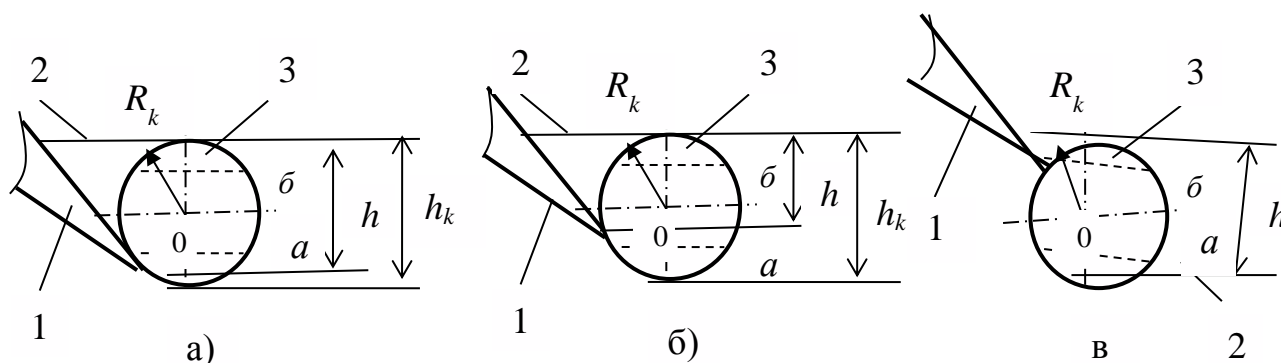


Рисунок 2. Схема воздействия режущего элемента на обломочно-каменное включение грунта: а) $x_h = 0 \dots 0,25$, б) $x_h = 0,25 \dots 0,75$, в) $x_h = 0,75 \dots 1$ (составлено автором)

Определяем граничные значения глубины залегания обломочно-каменной частицы относительно режущей кромки, влияющие на характер разрушения грунта.

Из априорной информации известно, что эффективной глубиной резания грунта является $h = 0,2$ м [1], [3]. В таком случае, граничные значения глубины залегания обломочно-каменной частицы, согласно формуле 1 определяются следующим образом (табл. 1).

Таблица 1
Граничные значения глубины залегания обломочно-каменной частицы (составлено автором)

№	Коэффициент, x_h	Значение глубины залегания, h_k	Примечание
1	0	0	Обломочно-каменная частица находится на поверхности массива.
2	0	$h_k \leq h$	Обломочно-каменная частица находится в зоне действия рабочего органа.
3	$0 \dots 0,25$	$h_k = h + (0 \dots 0,5)R_k$	Часть обломочно-каменной частицы находится ниже режущей кромки. Грунт разрушается с интенсивным выкатыванием обломочно-каменной частицы из зоны действия режущего элемента.
4	$0,25 \dots 0,75$	$h_k = h + (0,5 \dots 1,75)R_k$	Часть обломочно-каменной частицы находится ниже режущей кромки. Грунт разрушается с комбинированным выкатыванием обломочно-каменной частицы из зоны действия режущего элемента.

№	Коэффициент, x_h	Значение глубины залегания, h_k	Примечание
5	0,75...1	$h_k = h + (1,5...2)R_k$	Значительная часть обломочно-каменной частицы находится ниже режущей кромки. Грунт разрушается с вдавливанием обломочно-каменной частицы в массив грунта.
6	более 1	$h_k > h + 2R_k$	Обломочно-каменная частица находится вне зоны действия режущего элемента.

Для случая, когда грунт разрушается с интенсивным выкатыванием обломочно-каменной частицы из зоны действия режущего элемента ($x_h = 0...0,25$), в работе [8] аналитическим путем определена сила сопротивления грунта разрушению. При этом учитываются уровни залегания элементарных подпорных стенок на поверхности обломочно-каменной частицы грунта. Заметим, что при изменении глубины залегания обломочно-каменной частицы в массиве грунта, соответственно изменяется и глубина залегания элементарной подпорной стенки (полоски) на поверхности обломочного включения грунта (рис. 3).

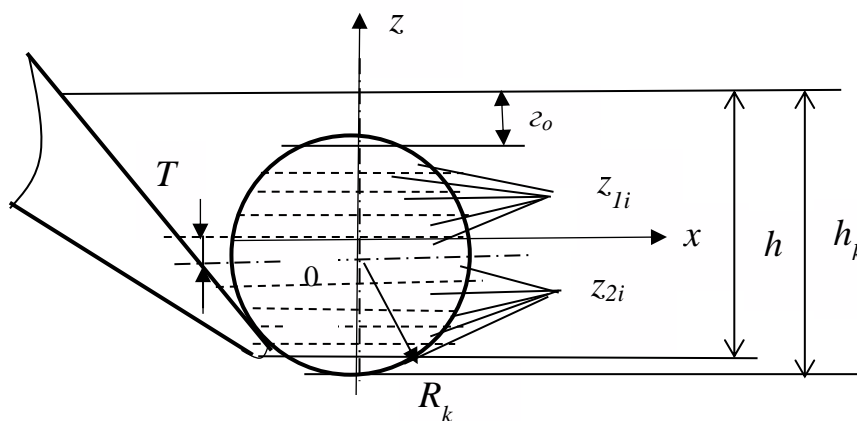


Рисунок 3. Уровни элементарных подпорных стенок (полосок) в зависимости от координаты секущей плоскости – T для случая, когда $h_k \neq h$: z_{1i}, z_{2i} – соответственно уровни залегания элементарных полосок, обращенные в сторону дневной поверхности и глубины массива грунта (составлено автором)

Из рис. 3 следует, что уровни залегания элементарных полосок на поверхности обломочной частицы определяются по следующей зависимости:

1. Обращенные в сторону дневной поверхности – z_{1i}

$$z_{1i} = (z_0 + R_k) - T_i \quad (2)$$

где: z_0 – расстояние от поверхности грунта до обломочно-каменной частицы, T – шаг разбивки поверхности каменной частицы секущей плоскостью.

$$z_0 = h_k - 2R_k \quad (3)$$

$$T_i = nT, n = 1, 2, 3... \quad (4)$$

2. Координаты уровней залегания элементарных полосок обращенные в сторону глубины массива грунта определяются:

$$z_{2i} = (z_0 + R_k) + T_i \quad (5)$$

Когда $z_o < 0$, часть обломочно-каменной частицы выступает за дневной поверхности грунта. Эта часть обломочной частицы лишена структурной связи с мелким заполнителем грунта, тем самым она не участвует в процессе разрушения грунта. Поэтому часть обломочно-каменной частицы, выступающая за дневной поверхности (пассивная часть) должна исключаться из процесса взаимодействия при разрушении грунта (рис. 4).

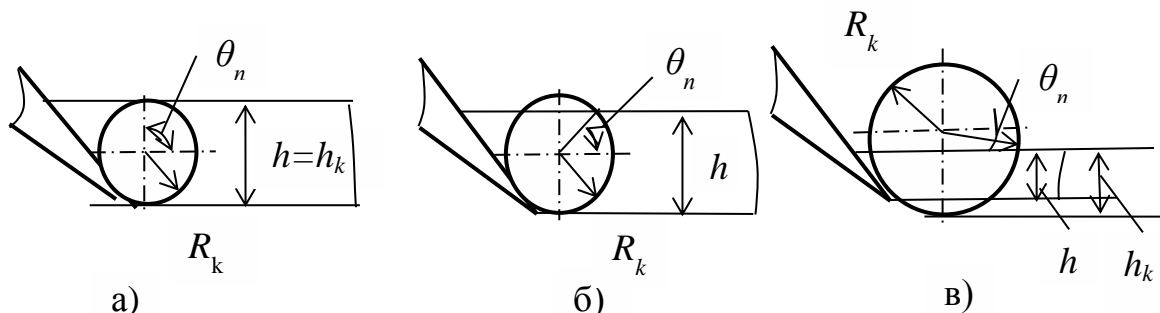


Рисунок 4. Положение обломочно-каменной частицы относительно дневной поверхности грунта: а) не имеется пассивной части, $h_k = h$; б) имеется пассивная часть, $h = h_k$; в) имеется значительная пассивная часть, $h < h_k$, θ_n – угол, определяющий границы поверхности пассивной части обломочно-каменной частицы (составлено автором)

Из анализа рис.4 видно, что центр тяжести каменной частицы может находиться: ниже уровня (рис. 4а,б), выше уровня дневной поверхности (рис. 4в). Из расчетной схемы видно, что поверхность пассивной части каменной частицы не взаимодействует с грунтом и ее можно исключить из рассмотрения при определении силы сопротивления грунта разрушению [8], [5]. Граничные углы θ_n пассивной части обломочного включения определяется по формуле:

а) когда центр тяжести каменной частицы находится ниже дневной поверхности

$$\theta_{II} = \arcsin\left(\frac{h_k}{R_k} - 1\right) \quad (6)$$

б) когда центр тяжести каменной частицы находится выше дневной поверхности

$$\theta_{II} = \arcsin\left(1 - \frac{h_k}{R_k}\right) \quad (7)$$

При аналитическом определении силы разрушения грунта, содержащего обломочные включения, должны учитываться глубины элементарных подпорных стенок, выделяемые на поверхности последней, а также ее пассивная часть.

Как было отмечено, что положение обломочных включений в массиве грунта может изменяться относительно режущего элемента (рис. 5).

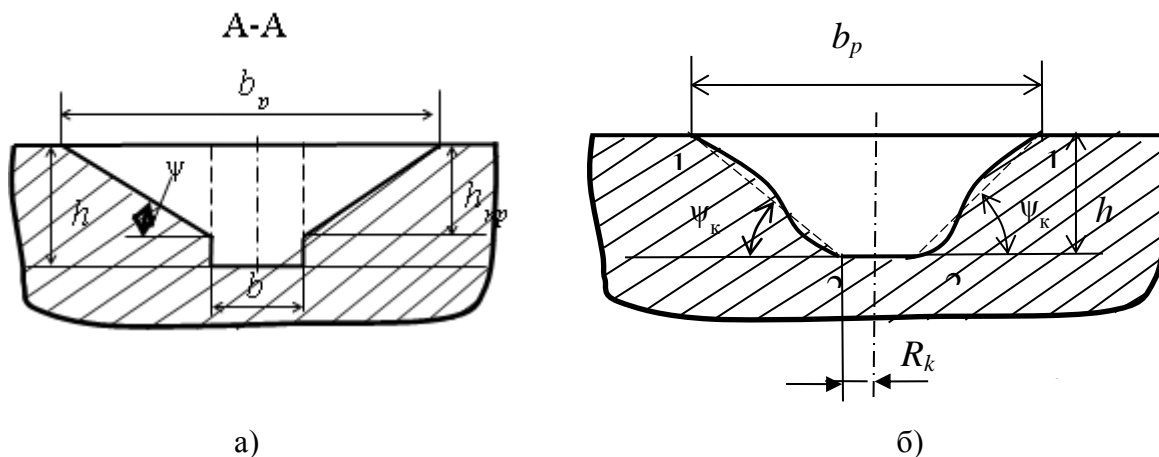


Рисунок 5. Геометрические параметры прорези однородного грунта (а), и грунта с обломочно-каменной частицей (б): b – ширина резания, b_o , b_k – ширина боковых расширений однородного грунта и зоны, где содержится обломочно-каменная частица (обломочно-каменная зона), $h_{кр}$ – критическая глубина однородной зоны, ψ_o , ψ_k – угол наклона боковых расширений соответственно однородной и обломочно-каменной зоны (составлено автором)

Когда обломочно-каменные частицы располагаются в массиве грунта достаточно близко друг от друга, боковые прорезы в зоне разрушения обломочного включения могут перекрывать друг друга. В таком случае изменяется значение силы сопротивления грунта с обломочными включениями.

Значение боковых расширений обломочно-каменной зоны определяется выражением:

$$b_p = 2 \cdot \left(R_k + \frac{h}{\operatorname{tg} \psi_k} \right) \quad (8)$$

Анализ формулы 8 показывает, что на параметр бокового расширения основное влияние оказывает угол наклона боковых разрушений – ψ_k .

Для определения взаимного влияния боковых разрушений грунта рассмотрим, схему, приведенной на рис. 6.

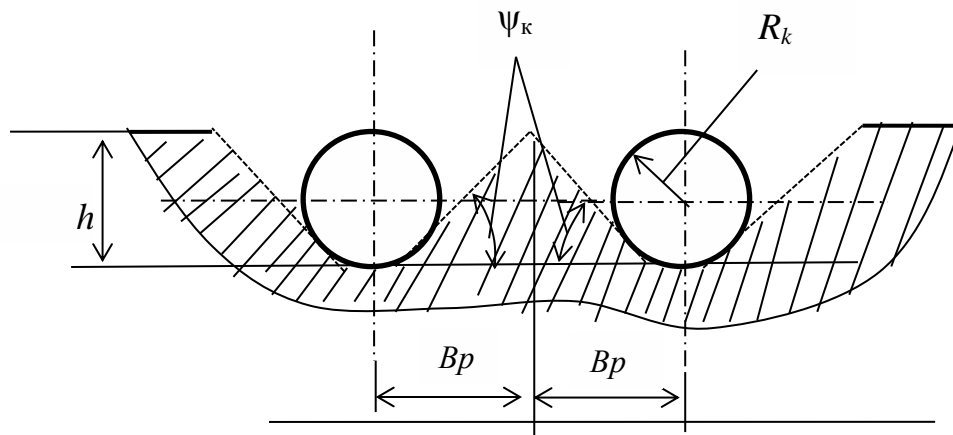


Рисунок 6. Схема определения минимального расстояния между боковыми разрушениями в зоне обломочно-каменных включений грунта (составлено автором)

Из рис.6 следует, что минимальной шириной бокового расширения, влияющей на силу сопротивления грунта разрушению является B_p , которая определяется выражением:

$$B_p = R_k + \frac{h}{\operatorname{tg} \psi_k} \quad (9)$$

Таким образом, условие, при котором боковые расширения прорези – $l_{\delta p}$ не оказывают взаимное влияние друг к другу выражается неравенством:

$$l_{\delta p} \geq 2B_p \quad (10)$$

При несоблюдении данного условия необходимо учесть взаимное влияние боковых расширений друг к другу посредством коэффициента $\kappa_{\delta p}$, значение которого определяется выражением:

$$\kappa_{\delta p} = \frac{P_{крм}}{P_{крб}} \quad (11)$$

где $P_{крм}$, $P_{крб}$ – силы сопротивления грунта разрушению соответственно, когда расстояние между соседними камнями меньше и больше критического.

Таким образом определены закономерности расположения обломочно-каменных частиц относительно режущей кромки, влияющие на характер разрушения грунта, изменение координаты элементарных подпорных стенок на поверхности обломочно-каменной частицы, «пассивная» поверхность обломочно-каменной частицы, лишенная структурной связи с грунтовым массивом, которые учитываются при аналитическом определении силы сопротивления грунта разрушению. Определено условие, при котором боковые расширения прорези не оказывают влияние на значение силы сопротивления грунта с обломочно-каменными включениями разрушению.

Установлена энергоёмкость процесса разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные включения рабочим органом землеройной машины [9]. В дальнейшем учитывая вероятностный характер расположения обломочно-каменных частиц в массиве грунта [7], характер разрушения грунта [10], условие, при котором боковые расширения прорези не оказывают влияние на значение силы сопротивления аналитическое определение энергоёмкости процесса разрушения грунта, содержащего обломочно-каменные частицы следует проводить в вероятностном аспекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьев К.А. Теория резания грунтов землеройными машинами [Текст]. – Новосибирск: НИСИ, 1978. – 50 с.
2. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами [Текст] – М.: Машиностроение, 1971. – 359 с.
3. Домбровский Н.Г. Экскаваторы [Текст] – М.: Машиностроение, 1969. 318 с.
4. Зеленин А.Н. Машины для земляных работ (основы теории разрушения грунтов, моделирование процессов, прогнозирование параметров) [Текст]: уч. пос. для вузов / Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
5. Кравцов Э.А. Исследование процессов взаимодействия рабочего оборудования землеройных машин с каменистыми включениями [Текст]: Труды МАДИ, вып.175. – М.: МАДИ, 1979. – 15-19 С.
6. Мендекеев Р.А., Тургунбаев М.С. Классификационные признаки крупных обломочных включений грунтов [Текст] // Вестник КГУСТА. 2016. № 2 (52). С. 100-104.
7. Мендекеев Р.А., Тургунбаев М.С. К определению закономерности распределения фракций гранулометрического состава грунтов [Текст] // Вестник КГУСТА. 2016. № 2 (52). С. 95-99.
8. Мендекеев Р.А., Тургунбаев М.С. К определению силы сопротивления разрушению породы, содержащей каменистое включение, рабочим органом землеройной машины [Текст] // Механизация строительства. 2015. № 8 (854). С. 24-26.
9. Мендекеев Р.А., Тургунбаев М.С. Энергоемкость разрушения грунта, содержащего обломочные включения рабочим органом землеройной машины [Текст] // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 2. С. 53-58.
10. Тургунбаев М.С. Особенности разрушения пород, содержащих каменистые включения [Текст] // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 11. С. 34-40.

Turgunbaev Melisbek Syrgabaevich

Talas state university, Kyrgyz Republic, Talas

E-mail: melis_turgunbaev@mail.ru

To a question of feature of destruction of the soil containing detrital and stone turning on of the digging machine by working body

Abstract. Development of the soil containing detrital and stone inclusions is followed by the emergence of dynamic loadings increased by wear of elements of the running and working equipment, increase in power consumption of development of soil by working body of the digging car. In this regard the research of features of destruction of soil with detrital and stone turning on of the digging machine by working body has urgent character.

Content of detrital inclusions, their arrangement in the massif of soil changes from one place to another in a random way. When developing soil by the principle of layer-by-layer cutting, the cutting element of the digging car can influence below the center of gravity, on the center of gravity and above the center of gravity of detrital and stone inclusion of soil. The distance between detrital and stone inclusions in the direction parallel to the day surface of soil changes. In that case the character, geometrical parameters of a cut of destruction influencing power parameters of destruction of the soil containing detrital and stone inclusions change.

In the article the regularities of an arrangement of detrital and stone particles of rather cutting edge influencing the nature of destruction of soil, change of coordinate of elementary retaining walls on surfaces of a detrital and stone particle, definition of a "passive" surface of a detrital and stone particle, deprived of structural communication with the soil massif which are used at analytical definition soil resistance forces to destruction are considered. The condition under which side expansions of a cut don't exert impact on value of force of resistance of soil with detrital and stone inclusions to destruction is defined.

Keywords: the soil containing detrital and stone inclusions; probabilistic character of an arrangement of detrital and stone particles in the massif of soil; features (character) of destruction of the soil containing detrital and stone inclusions; regularities of an arrangement of detrital and stone particles of rather cutting edge; coordinates of elementary retaining walls on a surface of a detrital and stone particle; the surface of a detrital and stone particle deprived of structural communication with the soil massif; side expansions of a cut