

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ГРУНТА

Совершенствование существующих и создание новых, более эффективных процессов разработки грунта требует проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований как в лабораторных, так и в полевых условиях. Обоснованный выбор критериев оценки эффективности позволяет повысить научный уровень исследований и ускорить их проведение.

Несмотря на многообразие конструктивных форм и типов рабочих органов, а, соответственно, и рабочих процессов, можно и нужно определить необходимый и достаточный объем информации для оценки их эффективности однотипной для всех рабочих процессов. Поскольку закон сохранения энергии имеет всеобщее и универсальное значение, то в качестве основного критерия эффективности процесса разработки грунта можно предложить удельные затраты энергии.

Методический подход к определению и сопоставлению удельных энергетических затрат разработки грунта при теоретических, экспериментальных исследованиях в лабораторных и производственных условиях не может быть одинаковым. Для каждого вида исследований необходимо разрабатывать собственные методики и критерии оценки эффективности.

Первоначально попытаемся сделать энергетическую оценку способов разработки грунта теоретическим путем. Нельзя отрицать, что процесс разработки грунта рабочими органами землеройных машин является разновидностью процесса разрушения связных пород. Установленные закономерности процессов разрушения прочных пород изложены в трудах многих видных ученых: Жлобинского Б.А., Кандаурова И.И., Кирпичева В.Л., Кузнецова Г.Н., Мохначева М.П., Падукова В.А., Протождяконова М.М., Ребиндера П.А., Риттингера П.Р., К. Терцаги и других.

Получили известность следующие гипотезы дробления: гипотеза объемов (Кирпичева-Кика), гипотеза поверхностей (Риттингера П.Р.), а также объединяющая их гипотеза академика Ребиндера П.А. В соответствии с последней гипотезой работу по разрушению некоторого объема можно представить как

$$A_{\text{общ}} = A_V + A_F, \quad (1)$$

где A_V - работа, затраченная на деформацию всего объема материала; A_F - работа, затраченная на образование новых поверхностей.

Удельная энергоемкость разрушения некоторого объема прочной породы составляет

$$E_{\text{уд}} = \frac{A_V + A_F}{V}, \quad (2)$$

где V - объем породы, подвергаемой разрушению.

Использование зависимости (2) для теоретической оценки энергоемкости процессов разработки грунта (рис. 1) требует некоторого уточнения ее в связи с их специфическими особенностями.

Особенностью первого (рис. 1 а) и третьего (рис. 1 в) способов разработки грунта является то, что разрушению подвергается не определенный объем грунта, а полубесконечное пространство. Весьма сложно установить объем грунта, на который распространяются деформации, и оценить энергоемкость процессов.

Поэтому для второго случая разработки грунта (рис. 1 б) зависимость может быть представлена в следующем виде

$$E_{y\partial} = \frac{A_V + A_{\text{вн}} + A_F}{V_{\text{кс}}}, \quad (3)$$

где $A_{\text{вн}}$ – дополнительные затраты энергии на внедрение рабочего органа в массив грунта;
 $V_{\text{кс}}$ – объем крупного элемента стружки грунта, отделяемого от массива.

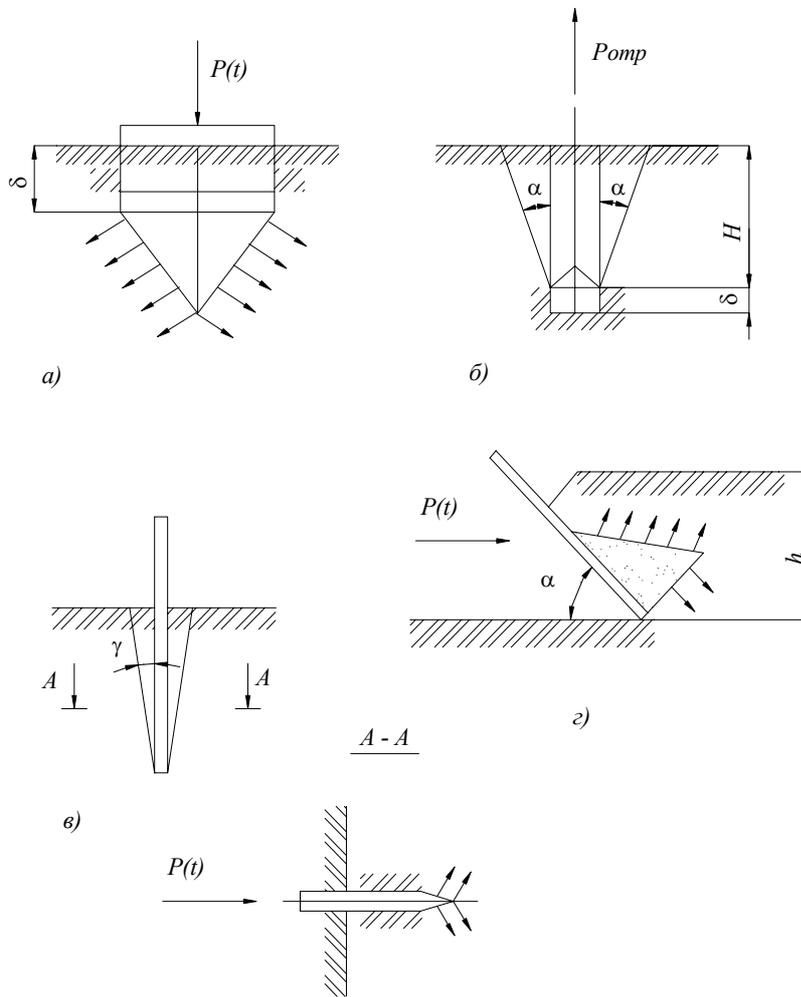


Рис. 2.1. Способы разрушения грунта:

- а) вдавливание штампа; б) отрыв штампа; в) прорезание массива;
г) отделение стружки грунта.

Особенности традиционного процесса разработки грунта таковы:

- на разрушаемый материал воздействует не плоский, а клиновой рабочий орган;
- разрушаемый грунт представляет собой полубесконечное пространство с открытой дневной поверхностью, а не тело определенного объема;
- нагружаемый массив грунта в месте контакта с рабочим органом чаще всего имеет наклонный забой.

Сказанное выше позволяет сделать вывод о весьма сложной задаче учета объема грунта, на который распространяется энергия рабочего органа.

Без значительных трудностей теоретически и экспериментально можно определять объем разработанного грунта, а энергоемкость процесса резания оценивать как

$$E_{y\partial} = \int_0^l P(l)dl / \int_0^l F(l)dl, \quad (4)$$

где $\int_0^l P(l)dl$ - затраты энергии на весь путь l разработки грунта; $\int_0^l F(l)dl$ - объем разработанного грунта.

Зависимость (4) широко используется для оценки энергоемкости разработки грунта при экспериментальных исследованиях в лабораторных условиях, однако она не позволяет производить анализ эффективности процесса. На рис. 2 показаны схемы внедрения в массив грунта плоского и клинового рабочих органов. Представленные схемы наглядно показывают, куда расходуется энергия, подводимая к рабочему органу: на формирование уплотненного ядра, а затем на преодоление сил сопротивлений на этих поверхностях

$$A_{\text{общ}} = A_{\text{я}} + A_{\text{я}}^{\text{б.пр}} + A_{\text{я}}^{\text{б.л}} + A_{\text{я}}^{\text{Б}} + A_{\text{я}}^{\text{H}}. \quad (5)$$

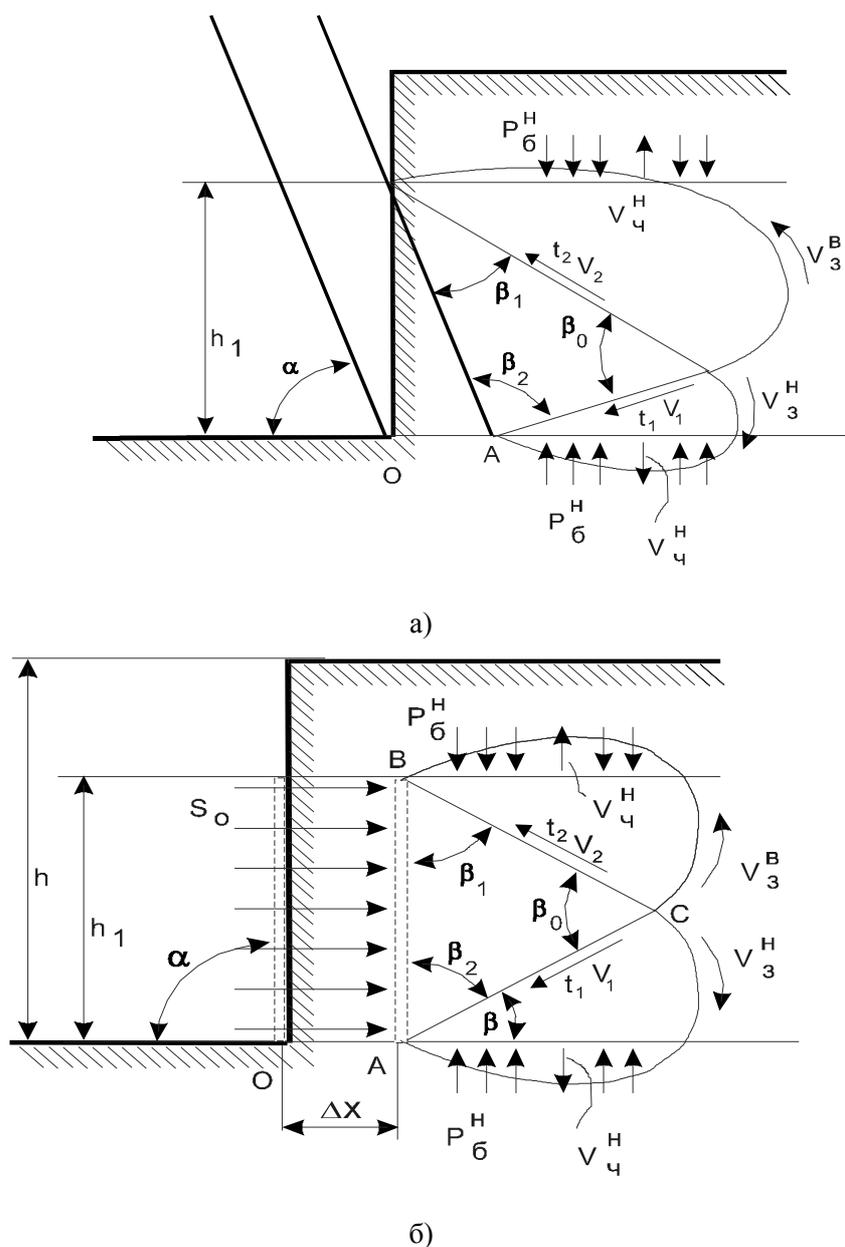


Рис. 2. Схемы внедрения рабочих органов в массив грунта:

а) при $\alpha > \alpha_{\text{кр}}$; б) при $\alpha = 90^\circ$



Целью внедрения рабочего органа в массив грунта является отделение от него некоторой стружки. На подготовку этого процесса направлена только часть энергии, которая формирует напряженно-деформированное состояние в верхнем слое грунта. Коэффициент полезного действия процесса внедрения рабочего органа в массив грунта составит

$$\eta = 1 - \frac{A_{я} + A_{я}^{б.нр} + A_{я}^{б.л} + A_{я}^H}{A_{общ}} \quad (6)$$

Зависимость (6) наглядно показывают, куда расходуется энергия, подводимая к рабочему органу, дает объяснение, почему так влияют на энергоемкость процесса разработки грунта схема взаимодействия и угол резания. С увеличением угла резания происходит увеличение ядра уплотнения и соответственно затрат энергии $A_{я}$, $A_{я}^{б.нр}$, $A_{я}^{б.л}$ и $A_{я}^H$.

Зависимости критерия энергоемкости (2) и коэффициента полезного действия (6) позволяют производить теоретический анализ рабочих процессов землеройных машин, однако они непригодны для практического применения при проведении экспериментальных исследований.

Энергоемкость разработки грунта в производственных условиях можно представить как $E_{y\partial} = \frac{N_{\partialв}}{P_p}$; кВт/м³, (7)

где $N_{\partialв}$ – мощность двигателя базовой машины; P_p – производительность разработки грунта.

Для определения производительности разработки грунта необходимо подготовить мерный участок и произвести не менее трех испытаний. При этом скорость разработки грунта определяется в соответствии с методикой ГОСТ 27927-88 (ИСО 6014-86).

В качестве критерия эффективности нового рабочего органа или процесса целесообразно использовать коэффициент удельных энергоемкостей

$$K_E = \frac{E_{y\partial}^H}{E_{y\partial}^{mp}} \text{ или } K_E = \frac{P_p^{mp}}{P_p^H}, \quad (8)$$

где $E_{y\partial}^H$; $E_{y\partial}^{mp}$ – энергоемкость разработки грунта соответственно с новым рабочим органом и традиционным; P_p^H ; P_p^{mp} – производительность разработки грунта соответственно с новым рабочим органом и традиционным.

Производительности разработки грунта можно определить как

$$P_p^{mp} = V_p^{mp} / t_p^{mp}; \quad P_p^H = V_p^H / t_p^H, \quad (9)$$

где V_p^{mp} и V_p^H – объемы грунта, разработанного на мерном участке землеройной машиной с традиционным рабочим органом и новым; t_p^{mp} и t_p^H – время разработки грунта землеройной машиной с традиционным рабочим органом и новым.

Время разработки грунта составит

$$t_p^{mp} = L / v_p^{mp}; \quad t_p^H = L / v_p^H, \quad (10)$$

где v_p^{mp} и v_p^H – скорости разработки грунта на мерном участке L соответственно с традиционным и новым рабочими органами.

С учетом зависимостей (8), (9) и (10) можно записать

$$K_E = K_V \cdot K_v, \quad (11)$$

где $K_V = V_p^{mp} / V_p^H$ – коэффициент объемов; $K_v = v_p^{mp} / v_p^H$ – коэффициент скоростей.

Таким образом, чтобы оценить эффективность разработки грунта модернизированным рабочим органом, необходимо провести сопоставительные испытания традиционного и нового способов. При экспериментальных исследованиях измерению подлежат физико-механические характеристики грунта, длина пути и скорость разработки грунта, расход топлива и объем разработанного грунта.