

Наиболее близким аналогом установки УП-1 «Профиль» является профилеподдирочная машина МППУ Донецкого машиностроительного завода горнопроходческой техники, предназначенная для механизации только процесса поддирки (подрывки) пород почвы с коэффициентом крепости до 5 (по шкале проф. Протодьяконова) и погрузки отбитой горной массы в вагонетки. Профилеподдирочная машина МППУ выполнена на гусеничном ходу.

Расчет экономической эффективности применения установки УП-1 «Профиль» в сравнении с профилеподдирочной машиной МППУ показал, что нижний и верхний пределы цены соответственно составляют 183 000 и 323 000 грн. Прибыль потребителя от эксплуатации одного образца установки составит 126 000 грн. в год.

УДК 622.236.2/25

В.С. Блохин

БАЗОВЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИНСТРУМЕНТА

Разрушение горных пород, происходящее при внедрении элементов инструмента, осуществляется за счет внешнего усилия, передаваемого породе через зону контакта ее с внедряющимися элементами инструмента. По этой зоне действуют контактные давления $P_{(x)}$, закон изменения которых определяется в зависимости от схем приложения внешних сил, свойств разрушаемой среды и породоразрушающих элементов инструмента. Применительно к рассматриваемой задаче (взаимодействие инструмента с горной породой) контактное давление отождествляется с контактным напряжением, имеющим место в зоне соприкосновения инструмента с разрушаемой горной породой.

При определении контактных давлений $P_{(x)}$ рассматривалось соприкосновение двух тел, ограниченных некоторыми криволинейными поверхностями с площадками предварительного приглушения и без них. Оба тела воспринимают нагрузку, направленную по прямой, нормальной к зоне контакта. При этом породоразрушающие элементы и горная порода деформируются и первоначальный контакт переходит в соприкосновение по новой (большего размера) поверхности. Во всех случаях принималось, что эта поверхность контакта мала по сравнению с общей поверхностью каждого из соприкасающихся тел.

Начальное соприкосновение инструмента с горной породой в точке:

а) зона контакта, образующаяся после нагружения инструмента, располагается симметрично относительно начальной точки (рис. 1):

$$P_{(x)} = \frac{2Q}{\pi a^2} \sqrt{a^2 - x^2} \text{ при } a = \sqrt{\frac{2Q\eta}{R}},$$

$$Q = \int_{-a}^a P_{(x)} dx, \quad \bar{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = f_{1(0)}' + f_{2(0)}',$$

$$\eta = \frac{2}{\pi E_1} (1 - \mu_1^2) + \frac{2}{\pi E_2} (1 - \mu_2^2),$$

где Q – нагрузка, приложенная к инструменту и приходящаяся на единицу длины или диаметра породоразрушающих элементов инструмента; a – полуширина упругой площадки контакта; x – текущее значение по зоне контакта; R_1 , R_2 и R – радиусы контактирующих поверхностей и приведенный; $f_{1(0)}$ и $f_{2(0)}$ – функции, определяющие конфигурацию соприкасающихся поверхностей; ζ – коэффициент эластичности; E_1 , μ_1 и E_2 , μ_2 – упругие постоянные материала породоразрушающих элементов и горной породы;

б) зона контакта, образующаяся после разгрузки инструмента, располагается не симметрично относительно начальной точки (рис. 2 и 3):

$$P_{(x)} = \frac{2aS_n}{\pi\eta} \left[\sin\alpha \left(\frac{S_n}{S_n} \beta + \pi - \beta \right) + (\cos\alpha - \cos\beta) \left(\frac{S_n}{S_n} - 1 \right) \ln \left(\sin \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\sin \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \right] \text{ при } x = a(\cos\alpha - \cos\beta), \quad v = -a\cos\beta, \quad x = \gamma + v, \quad \gamma = a\cos\alpha,$$

$$\operatorname{tg}\beta - \beta = \frac{S_n\pi}{S_n - S_n}; \quad S_n(\sin\beta - \beta\cos\beta) - S_n(\sin\beta - \beta\cos\beta + \pi\cos\beta) = 0,$$

$$a = \frac{1}{\sin\beta} \sqrt{\frac{\pi Q \eta}{(S_n - S_n) \operatorname{tg}\beta}},$$

где S_n и S_n – зазор между инструментом и горной породой вблизи точек контакта слева и справа относительно линии действия нагрузки; v – смещение середины $2a$ относительно линии действия нагрузки; γ и α – линейная и угловая характеристика x с учетом v ; β – угловая характеристика v .

Линейный контакт инструмента с горной породой:

$$P_{(x)} = -\frac{Q}{\pi a} \ln \frac{a - \sqrt{a^2 - x^2}}{|x|} \text{ при } a = \frac{\pi Q \eta}{2B_{(x)}}; \quad B_{(x)} = f_{1(x)} + f_{2(x)},$$

где $B_{(x)}$ — зазор между инструментом и горной породой вблизи точки контакта до приложения нагрузки.

Контактирование породоразрушающих элементов инструмента, имеющих площадку предварительного притупления (рис. 4 и 5):

$$P_{(x)} = \frac{2S_n \sqrt{(a+d)^2 - \chi^2}}{\pi^2 \eta} \left[(\chi + v + d) \frac{1+V^2}{(a+d)(1-V^2)} \ln \left| \frac{V-q_1}{1-Vq_1} \right| + \pi - \beta_0 + \right. \\ \left. + \frac{S_n}{S_n} (\chi + v - d) \frac{1+V^2}{(a+d)(1-V^2)} \ln \left| \frac{1-Vq_2}{V-q_2} \right| + \frac{S_n}{S_n} \beta'_0 \right]$$

$$\text{при } V = \frac{a+d}{\chi} \pm \sqrt{\left(\frac{a+d}{\chi}\right)^2 - 1}; \quad q_1 = -\frac{d+a}{d+v} \pm \sqrt{\left(\frac{d+a}{d+v}\right)^2 - 1};$$

$$q_2 = \frac{d+a}{d-v} \pm \sqrt{\left(\frac{d+a}{d-v}\right)^2 - 1}; \quad \chi = \frac{2V(a+d)}{1+V^2}; \quad \cos \beta'_0 = \frac{d-v}{a+d};$$

$$\cos \beta_0 = -\frac{d+v}{a+d}; \quad \sin \beta_0 + \frac{d+v}{a+d} (\beta_0 - \pi) - \frac{S_n}{S_n} \sin \beta'_0 - \frac{S_n}{S_n} \left(\frac{v-d}{a+d}\right) \beta'_0 = 0;$$

$$0,5(\beta_0 - \pi) + 0,25 \sin 2\beta_0 + \frac{v+d}{a+d} \sin \beta_0 - 0,5 \frac{S_n}{S_n} \beta'_0 - 0,25 \frac{S_n}{S_n} \sin 2\beta'_0 -$$

$$-\frac{S_n}{S_n} \left(\frac{v-d}{a+d}\right) \sin \beta'_0 = -\frac{\pi Q \eta}{2S_n (a+d)^2}; \quad x = \chi + v,$$

где d — полуширина площадки предварительного притупления породоразрушающих элементов.

В реальных условиях, в зависимости от значений контактного давления, разрушение горной породы может быть объемное, поверхностное, усталостное и абразивное.

Объемное разрушение происходит тогда, когда внешнее усилие, приложенное к инструменту, достаточно для создания в зоне контакта инструмента с породой $P_{(x)}$, превосходящего по значению твердость разрушаемой породы, то есть $P_{(x)} > P_K$. Основное разрушение в этом случае происходит при напряжениях $\sigma_{эж.} = \sigma_K \approx 0,5 P_{(x)max}$. Иначе говоря, для объемного разрушения породы необходимо $\sigma_K \approx P_K$. В этом случае процесс разрушения состоит из нескольких этапов, сопровождающихся выколом значительных объемов породы и получением лунки, превосходящей в 2-3 раза объем внедренной части инструмента. Постоянство схем приложения нагрузок и их значений обеспечивают стабильное разрушение пород на определенную глуби-

ну, которая сохраняется практически неизменной по мере перемещения инструмента. Эффективность разрушения определяется, в основном, скоростью перемещения инструмента. Соотношение $\sigma_k \approx P_k$ наиболее благоприятное для интенсификации процесса разрушения пород. Реализация объемного разрушения непосредственно в производственной практике сдерживается, в большинстве случаев, прочностью инструмента и его породоразрушающих элементов.

Поверхностное разрушение породы возникает при условии, если контактное давление $P_{(x)}$ только своими пиковыми значениями превосходит твердость породы, то есть $P_{(x)max} \approx P_k$, но $\sigma_k < P_k$. В этом случае, за единичный акт взаимодействия инструмента с породой, происходят местные незначительные разрушения, сопровождаемые возникновением интенсивной трещиноватости. Последняя способствует снижению значений P_k и подготовки породы для объемного разрушения при последующих взаимодействиях породоразрушающих элементов инструмента. Здесь стабильность приложения внешних сил не обеспечивает стабильности процессов происходящего разрушения. Оно характеризуется меньшей эффективностью и большей энергоемкостью по сравнению с объемным разрушением. В производственной практике, при существующем оборудовании и инструменте для механического разрушения пород, поверхностное разрушение является наиболее распространенным.

«Усталостное разрушение» пород происходит в том случае, если $P_{(x)}$ не достигает значений P_k , то есть $P_{(x)max} < P_k$, а $\sigma_k \ll P_k$. Разрушение осуществляется за счет многократного приложения внешней нагрузки на один и тот же участок породы. Механизм разрушения в этом случае обладает рядом специфических особенностей. Во-первых, при действии определенных значений $P_{(x)}$, но меньших значений критических нагрузок (вызывающих зарождение трещин) в породе происходят внутренние изменения (изменения в структуре кристаллической решетки и развитие дислокаций). Во-вторых, в породе по зоне контакта с инструментом зарождаются микротрещины, часть которых после снятия нагрузок остается открытой. В-третьих, вторичная трещиноватость пород, возникающая в результате действия инструмента, вызывает снижение твердости пород. При повторных приложениях нагрузок количество микротрещин под инструментом увеличивается, твердость понижается и достигает таких значений, когда выполняется условие $P_{(x)} = P_k$, $\sigma_k \approx P_k$ или $P_{(x)max} \approx P_k$ при σ_k близких к значениям P_k . Тогда происходит объемное или поверхностное разрушение пород.

Рассматриваемое разрушение является условно усталостным, так как чисто усталостное разрушение происходит в результате возникновения усталостной трещины, а не трещин ослабления. Значение предела усталости горных пород примерно на порядок меньше значений их твердости. Число циклов нагружений, необходимое для разрушения упругохрупких пород, меньше, чем число циклов, необходимое для разрушения упругопластичных пород. Высокопластичные породы обладают очень малой чувствительностью к усталостному разрушению.

По эффективности такой процесс разрушения пород уступает объемному и поверхностному.

Абразивное разрушение пород имеет место при еще меньших значениях контактного давления, то есть $P_{(x)max} \ll P_k$. В этом случае даже при повторных действиях нагрузок практически не происходит эффективного разрушения пород. Породоразрушающие элементы инструмента при действии внешних нагрузок, приложенных к инструменту, создают только упругие деформации пород в зоне контакта и практически не внедряются. Перемещение инструмента вызывает интенсивное истирание породы и самого инструмента (абразивный износ). Этот процесс разрушения пород характеризуется низкой производительностью и высокой энергоемкостью.

Таким образом, объем разрушения породы при внедрении инструмента определяется в первую очередь значениями $P_{(x)}$ при прочих равных условиях (форма и размеры породоразрушающих элементов, свойства пород, частота вращения и др.).

Для исследования механизмов разрушения пород, расчета последовательных их стадий (этапов разрушения), а также для оценки напряженности породоразрушающих элементов инструмента и породы в зоне их непосредственного давления $P_{(x)}$ по поверхности взаимодействия инструмента и породы. Однако, для анализа возможности реализации сил, действующих на инструменте, в разрушение породы необходимо установить зависимость сил сопротивления породы внедрению породоразрушающих элементов. Иначе говоря, необходимо знать глубину их внедрения Δ , глубину лунки разрушения Δ_1 и объем разрушенной породы V , образующейся при этом внедрении Δ , за один акт взаимодействия инструмента с породой.

Глубину лунки разрушения можно определить с использованием соотношения

$$\Delta_1 = \sqrt{\frac{\sigma_k F (Q_0 - \gamma_1 F_k)}{P_k \gamma_2 F_k}} \quad \text{при } \sigma_k \approx \sigma_{доп} \approx 0,5 P_{(x)max}$$

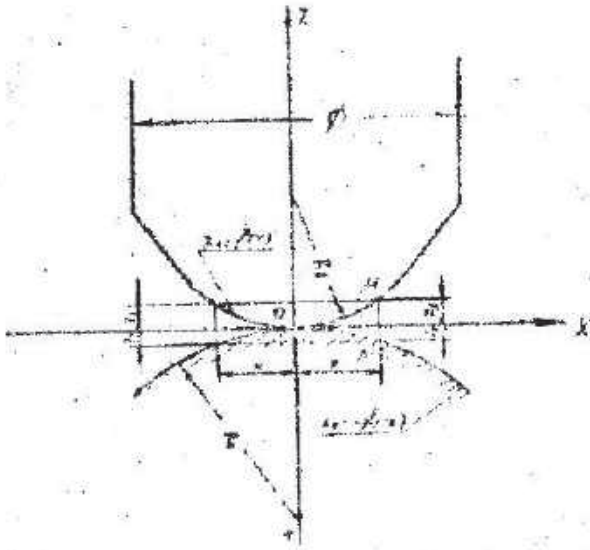


Рис.1.

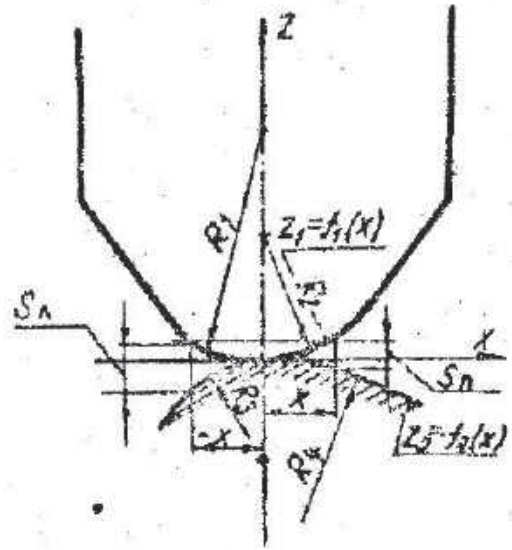


Рис.2.

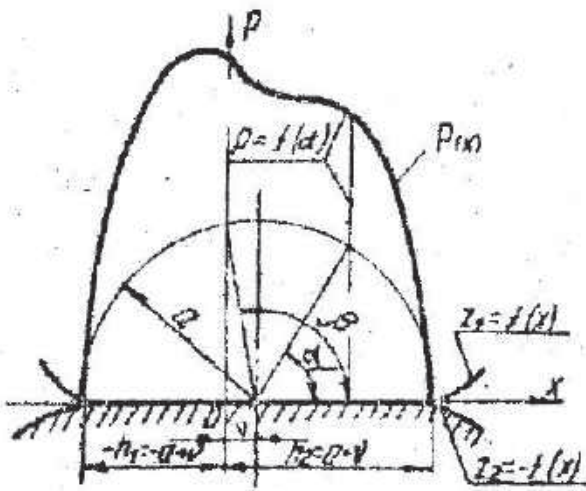


Рис.3.

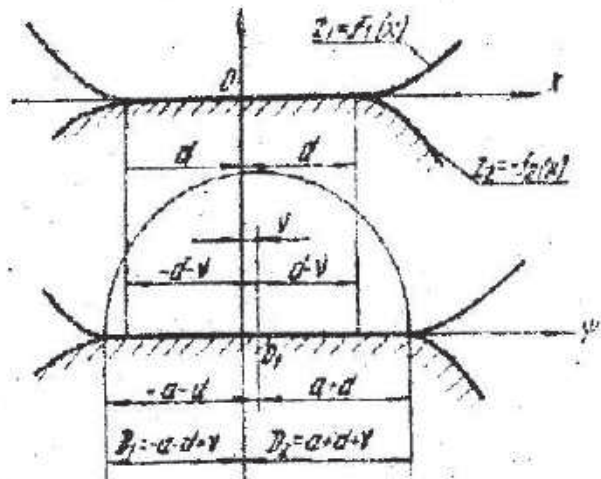


Рис.4.

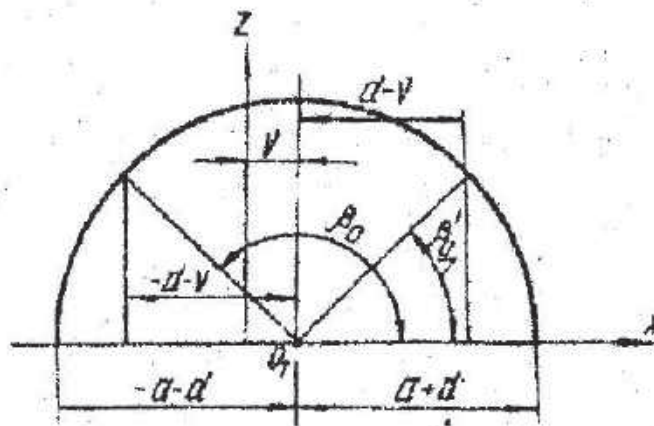


Рис.5.

где σ_k – напряжение по зоне контакта инструмента с породой; F – площадь упругого контакта породоразрушающих элементов инструмента с разрушаемой породой (для призматической формы элементов $F = 2(a+d)L$, для сферической – $F = \pi n(a+d)^2$); L – длина призматических породоразрушающих элементов; n – число сферических вставок, находящихся в одновременном контакте с породой; Q_0 – контактная нагрузка на породоразрушающий элемент; γ_1 и γ_2 – усредненные по пути внедрения инструмента сопротивления разрушаемой горной породы; F_k – площадь контакта породоразрушающих элементов, заглубленных в разрушаемую породу на глубину Δ (для призматической формы элементов $F_k = 2L(a+d + \Delta \operatorname{tg}(\alpha/2))$, для сферической – $F_k = \pi n \Delta [2(R+a+d) - \Delta]$); α – угол приострения призматических элементов; R – радиус сферы породоразрушающего элемента в зоне контакта с породой.

Объем разрушения породы, в случае ударного нагружения инструмента, приходящийся на единицу длины породоразрушающих элементов или на одну цилиндросферическую вставку, примерно на 2 порядка выше соответствующей глубины Δ_1 лунки разрушения

$$V = k\Delta_1 L \text{ или } V = k\Delta_1 n,$$

где k – коэффициент пропорциональности.

УДК 622.831:622.235.5

Н.А.Прядко, Е.Н.Руднев, О.А.Спивак

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОГАШАЕМЫХ ШАХТ НА ЭКОСИСТЕМУ КРАСНОДОНСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

В 1996 г. в Краснодоне начато погашение шахт им. Тюленина и «Донецкая».

Шахта им. Тюленина была сдана в эксплуатацию в 1936 году, а после восстановления – в 1943 году. Глубина шахты 770 м, площадь шахтного поля 37,5 кв. км., абсолютная отметка устья главного ствола +116,3 м.

Шахта «Донецкая» начала работать с 1925 года, а после восстановления – с 1950 года. Глубина шахты 540 м, площадь шахтного поля 30 кв. км., абсолютная отметка устья главного ствола +124,5 м.