

## Расчет параметров доставки пород в камере

При доставке разрушенной породы затопленной гидромониторной струей дальность транспортирования зависит от мощности смываемых пород. Минимальная дальность транспортирования будет при распространении струи под завалом, когда при смыве не образуется котлован, а движение воды происходит в режиме диффузионного массообмена. Для песчаного материала критическая высота завала  $h_{кр}$ , при которой начинается диффузионный массообмен можно определить по формуле

$$h_{кр} = 74,4 d \cdot P^{0.3} / w^{0.5} \quad (\text{П15.5})$$

где  $d$  — диаметр гидромониторной насадки, см,  $P$  — давление воды на насадке, МПа,  $w$  — гидравлическая крупность перемещаемого песка, см/с.

Дальность распространения струи в завале песчаных пород можно определить по формуле

$$L = 4,8 d \cdot P^{0.4} / (h^{0.2} \cdot w^{0.4}) \quad (\text{П15.6})$$

где  $h$  — высота пород над насадкой ( $h > h_{кр}$ ).

*Пример расчета доставки.*

Исходные данные: крупность песка 0,5 мм или гидравлическая крупность 8,72 см/с, давление воды на насадке 5 МПа, диаметр насадки 2 см, высота песка над насадкой 2 м.

Определяем критическую высоту заглубления насадки

$$h_{кр} = 74,4 d \cdot P^{0.3} / w^{0.5} = \blacksquare = \blacksquare$$

режим массообмена.

Определяем дальность действия струи под завалом песка

$$L = 4,8 d \cdot P^{0.4} h^{0.2} / w^{0.4} = \blacksquare = \blacksquare$$

## Расчет параметров подъема гидросмеси

При *расчете параметров эрлифта* определяют расход воздуха на подъем гидросмеси по В.Г.Гейеру

$$Q_{\text{возд}} = Q_2 \cdot H \cdot \gamma_r / [1380 \eta \cdot \gamma_v \cdot \lg(0,1 \cdot h + 1)], \quad (\text{П15.7})$$

где  $Q_{\text{возд}}$  и  $Q_2$  — расход воздуха, м<sup>3</sup>/мин и расход гидросмеси, м<sup>3</sup>/ч,  $H$  и  $h$  — высота подъема над уровнем воды и гидростатический уровень воды над воздушной форсункой эрлифта, м,  $\gamma_v$  и  $\gamma_r$  — плотность воды и гидросмеси, т/м<sup>3</sup>,  $\eta$  — к.п.д. эрлифта, который может быть принят по данным в таблице П15.1

Максимальное давление воздуха, подаваемого на эрлифт равно  $P_{\text{воз}} = h + 0,2$  МПа.

Диаметр пульпоподъемной ( $D_{\text{эрл}}$ ) трубы определяются по формуле

$$D_{\text{эрл}} = (Q_2 / k\alpha)^{0,4}, \text{ мм.} \quad (\text{П15.8})$$

При значениях  $\alpha = 0,2—0,45$ , коэффициент  $k = 0,24$ .

Пример расчета эрлифта для условий добычи фосфоритовых песков на Кингисеппском месторождении.

Таблица П15.1

$\alpha = h/(h+H)$	0,1—0,15	0,15—0,25	0,25—0,35	0,35—0,5
$\eta_{из}$	0,25	0,32	0,36	0,4

Исходные данные. Расход гидросмеси 250 м<sup>3</sup>/ч, плотность гидросмеси 1,2 т/м<sup>3</sup>, высота подъема над уровнем воды 10 м, глубина затопления форсунки эрлифта 15 м.

Расход сжатого воздуха на эрлифтирование

$$Q_{возд} = Q_2 \cdot H \cdot \gamma_r / [1380 \eta \cdot \gamma_v \cdot \lg(0,1 \cdot h + 1)],$$

$$\blacksquare = \blacksquare \text{ м}^3/\text{мин}$$

Диаметры пульпоподъемной трубы.

$$D_{эрл} = (Q_2 / k\alpha)^{0,4} = \blacksquare^4 = \blacksquare \text{ см}$$



Основными характеристиками *гидроэлеваторного подъема* является коэффициент эжекции (расхода)  $\alpha$ , коэффициент напора  $\beta$ , основной геометрический параметр  $m$  и статический коэффициент полезного действия гидроэлеватора  $\eta_{cm}$ .

$$\alpha = Q_2 \gamma_2 / Q_0 \gamma_0 \quad (\text{П15.9})$$

$$\beta = (H_2 - H_1) / H_0, \quad (\text{П15.10})$$

$$m = d_k^2 / d_o^2, \quad (\text{П15.11})$$

$$\eta_{cm} = \alpha \beta / (1 - \beta), \quad (\text{П15.12})$$

где  $Q_2$  и  $Q_0$  — расход эжектируемой гидросмеси и расход воды через насадку гидроэлеватора;  $\gamma_2$  и  $\gamma_0$  — плотность эжектируемой гидросмеси и воды;  $H_0$ ,  $H_2$  и  $H_1$  — напор воды на насадке гидроэлеватора, напор, развиваемый гидроэлеватором (высота подъема) и высота затопления гидроэлеватора;  $d_k$  и  $d_o$  — диаметры камеры смешения и насадки гидроэлеватора.

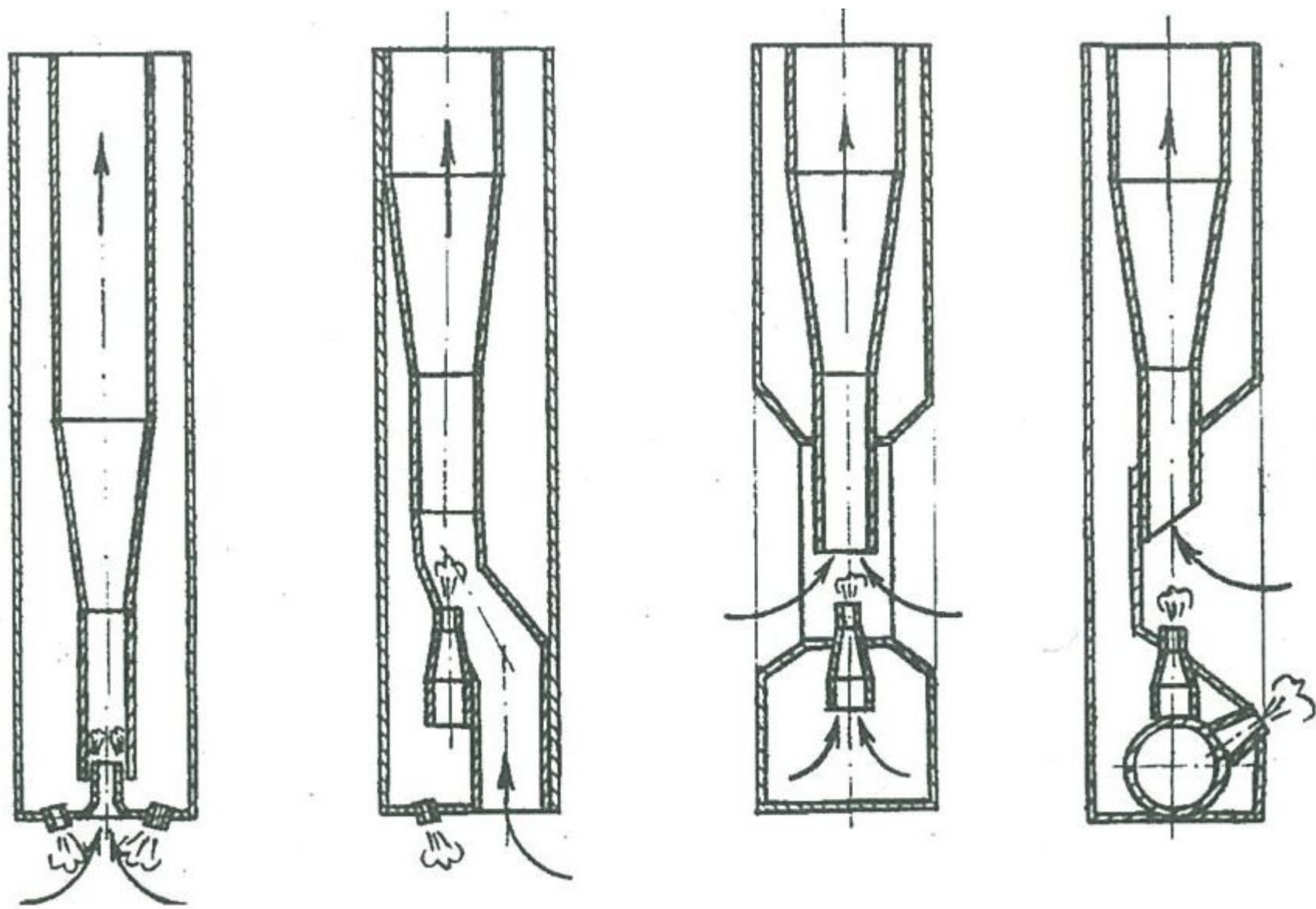


Рис. П15.1. Конструкции нижних частей гидроэлеваторных снарядов

Пример расчета гидроэлеваторного подъема по методике П.Н.Каме-  
нева.

Задаемся высотой подъема гидроэлеватора  $H_z = 100$  м, весовым рас-  
ходом эжектируемой гидросмеси  $Q_z \gamma_z = 200$  т/час и диаметром камеры сме-  
шения  $d_k = 100$  мм исходя из крупности поднимаемых пород.

Определяем скорость в камере смешения, которую необходимо иметь  
для подъема на высоту 100 м.

$$v_k = \sqrt{2gH_z / (1 + \zeta_k)} = \blacksquare \text{ м/с,} \quad (\text{П15.13})$$

где  $\zeta_k = 0,35$  — коэффициент сопротивления в камере смешения и диффу-  
зоре.

Определяем общий расход гидросмеси через камеру смешения

$$Q_\Sigma = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot v_k = \blacksquare \text{ т/ч.} \quad (\text{П15.14})$$

Определяем расход воды через насадку гидроэлеватора и коэффици-  
ент эжекции

$$Q_0 = Q_\Sigma - Q_z \gamma_z = \blacksquare \text{ м}^3/\text{ч} \text{ и } \alpha = Q_z \gamma_z / Q_0 \gamma_0 = \blacksquare \quad (\text{П15.15})$$

Определяем осредненную скорость в начале смешиваемого потока

$$v_k^* = (1 + \zeta_k) v_k = \blacksquare \text{ м/с} \quad (\text{П15.16})$$



Определяем скорость и давление воды на выходе из насадки гидроэлеватора

$$v_o = (1 + \alpha) \cdot v_k^* = \text{■■■■} \text{ м/с} \quad (\text{П15.17})$$

$$H_o = (1 + \zeta_o) \cdot v_o^2 / 2g = \text{■■■■} \text{ м.в.с} (\zeta_o = 0,08) \quad (\text{П15.18})$$

Определяем диаметр насадки гидроэлеватора  $d_o$  и параметры  $m$  и  $\beta$

$$d_o = \sqrt{(4Q_o / (\pi \cdot v_o))} = \text{■■■■} \text{ мм} \quad (\text{П15.19})$$

$$m = d_k^2 / d_o^2 = \text{■■■■}$$

$$\beta = H_2 / H_o = \text{■■■■}$$

Статический к.п.д. гидроэлеватора составит

$$\eta_{cm} = \alpha\beta / (1 - \beta) = \text{■■■■}$$

Насосы выбираются с учетом дополнительного расхода воды на гидромонитор (150—200 м<sup>3</sup>/ч) и потерь давления от насоса до гидроэлеваторной насадки.



## Расчет параметров системы разработки

Если непосредственная кровля представлена однородными породами, расчет устойчивого пролета может быть выполнен по формуле В.Д.Слесарева:

$$L = A\sqrt{(\sigma_p h / \gamma)}. \quad (\text{П15.20})$$

Если непосредственная кровля представлена слоистыми породами, расчет выполняется по формуле Г.Н.Кузнецова.

$$L = k_\alpha k_t A\sqrt{(\sigma_{изг} h / (1 + k_n \gamma))}, \quad (\text{П15.21})$$

где  $A$  — коэффициент, учитывающий характер защемления кровли на опорах (для балки из пластического материала  $A = 2$ , для упругой балки  $A = \sqrt{2}$ ),  $\sigma_p$  и  $\sigma_{изг}$  — пределы прочности на растяжение и изгиб пород несущего слоя мощностью  $h$  и объемным весом  $\gamma$ ,  $k_n$  — коэффициент пригрузки со стороны вышележащей толщи ( $k_n = h_{i+1}/h_i < 1$ ),  $k_\alpha$  и  $k_t$  — коэффициенты, учитывающие угол падения пласта и устойчивость пролета во времени.

Пример расчета предельного пролета камеры СГД для Кингисеппского месторождения фосфоритов (кровля – плитчатый известняк).

Исходные данные:  $h = 1$  м,  $\gamma = 2,3$  т/м<sup>3</sup>,  $\sigma_{изг} = 1600$  т/м<sup>2</sup>,  $k_{п} = 0,5$ ,  $\lambda = \sqrt{2}$ ,  $k_{\alpha} = 1$ ,  $k_t = 1$ . В массиве берется 50% от кубиковой прочности  $\sigma_{изг}$

По формуле Г.Н.Кузнецова

$$L = \text{[redacted]} = \text{[redacted]} \text{ м,}$$

Временной фактор учитывается по кривым длительной прочности, получаемым на образцах пород из кровли продуктивного пласта. В общем виде зависимость величины длительной прочности может быть аппроксимирована уравнением:

$$\sigma_t = \sigma_{мгн} - b \cdot t^n, \quad (\text{П15.22})$$

где  $\sigma_{мгн}$  — условно-мгновенная прочность породы, МПа,  $t$  — время,  $n = 0,32$ ,  $b$  — характеристика длительной прочности, МПа.

Расчет параметров целиков ведется из условия, что на целик действует разрушающая нагрузка, определяемая по формуле:

$$P = \gamma \cdot H \cdot L \cdot k_{\phi}, \quad (\text{П15.23})$$

где  $\gamma$  — объемный вес покрывающих пород,  $H$  — глубина разработки,  $L$  — расстояние между целиками (сетка скважин),  $k_{\phi}$  — коэффициент формы целика.

Несущая способность целика определяется по формуле:

$$P = \sigma_{\text{сж}} \cdot h \cdot F(a/h, \rho), \quad (\text{П15.24})$$

где  $\sigma_{\text{сж}}$  — предел прочности на сжатие пород целика,  $a$ ,  $h$ ,  $\rho$  — ширина, высота и угол внутреннего трения пород целика.

Отсюда, расчетное уравнение примет вид:

$$F(a/h, \rho) = \gamma \cdot H \cdot L \cdot k_{\phi} / \sigma_{\text{сж}} \cdot h. \quad (\text{П15.25})$$

Определив значение функции  $F(a/h, \rho)$ , по графику (рис. П15.2) находим отношение  $a/h$  и ширину целика. Для случая, когда на контакте целика с кровлей имеется прослойка более слабого материала, угол трения которого  $\delta$  меньше угла трения для пород целика  $\rho$ , пользуются соответствующими кривыми на графике или рассчитывают промежуточные значения.



Пример расчета целика при камерной системе разработки на Кингисеппском месторождении фосфоритов.

Исходные данные:  $H=20$  м,  $\gamma=2,12$  т/м<sup>3</sup>,  $\sigma_{сж}=30$  т/м<sup>2</sup>,  $\rho=30^\circ$ ,  $L=20$  м,  $h=3$  м,  $k_\phi=1$

$$F(a/h, \rho) = \blacksquare = \blacksquare$$

По графику (рис. П15.1) для  $\rho=30^\circ$  находим  $a/h = \blacksquare$ , откуда  $a = \blacksquare$  м.

Учет временного фактора при расчете размеров целика производится аналогично учету этого фактора при расчете предельного пролета кровли камеры.

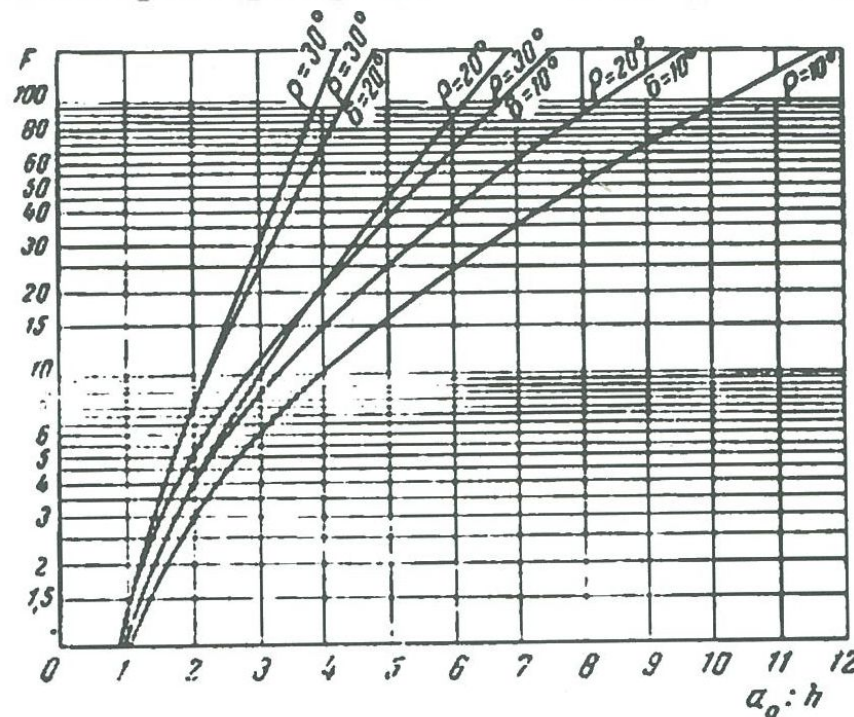


Рис. П15.2. Зависимость несущей способности барьерных целиков от соотношения их размеров