

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАПРАВЛЕННОГО МЕТАНИЯ ЖИДКОГО АГЕНТА ВЗРЫВОМ ПРИ ПЫЛЕГАЗОПОДАВЛЕНИИ В КАРЬЕРАХ**

Рассмотрен способ пылегазоподавления направленным метанием жидкого агента взрывом. Представлен расчет гидродинамических параметров жидкого агента для локализации и нейтрализации динамического и температурного потенциала пылегазового облака при взрывных работах в карьерах.

Розглянуто спосіб пилогазоподавлення спрямованим метанням рідкого агента вибухом. Представлено розрахунок гідродинамічних параметрів рідкого агента для локалізації та нейтралізації динамічного і температурного потенціалу пилогазової хмари під час підривних робіт у кар'єрах.

The way a dust-gas suppression by the directed throwing of the liquid agent by explosion is considered. Calculation of the hydrodynamical parameters the liquid agent for localization and neutralization of dynamic and temperature potential a dust-gas cloud at explosive works on the open-cast is presented.

Основным технологическим процессом добычи полезных ископаемых на карьерах в скальных горных породах является их взрывная отбойка, которая сопровождается выделением большого количества пыли и газа. Количество образующейся при взрыве пыли и ее дисперсность изменяются в широких пределах и зависят от типа и крепости горных пород взрываемого массива, степени их обводненности, удельного расхода промышленных взрывчатых веществ (ВВ) и др.

Мельчайшие частицы пыли приводят к существенному загрязнению атмосферы карьеров и прилегающих к ним районов. Известно, что наибольшая крупность пылинок, попадающих в легкие человека, обычно не превышает 10 мкм. Наибольшую опасность для человека в соответствии с санитарными нормами представляют пылевые частицы размером порядка 1 мкм, приводящие к такому заболеванию, как силикоз. Основные причины, приводящие к заболеванию пневмокониозом в карьерах, связаны с уровнем концентрации пыли и ее дисперсностью, периодичностью ее вдыхания, а также содержанием в ней свободного диоксида кремния, наличием адсорбированных газов (оксидов углерода и азота, альдегидов и др.) на поверхности пыли. Содержание свободного диоксида кремния в витающей пыли на различных карьерах колеблется в широких пределах: 20-50 % на карьерах Кривбасса и 1-10 % на карьерах Курской магнитной аномалии. Концентрация СО в верхней части пылегазового облака (ПГО) достигает 0,03-0,04 %, оксидов азота – 0,007 %, а пыли – порядка 2000 мг/м<sup>3</sup>.

В этой связи задача пылеподавления и нейтрализации пыли и вредных газов при взрывных работах на карьерах является важной и актуальной.

Нами предложен новый способ подавления пылегазовых выбросов от взрывных работ в карьерах, который заключается в использовании энергии

гидроудара, направленного метания агента взрывом, локализации и нейтрализации динамического и температурного потенциала пылегазового облака в момент его зарождения и формирования над взрываемым блоком. При этом за счет активного разрушения оболочки пылегазового облака и внедрения в его эпицентр жидких теплопылеподавляющих агентов и пылегазоподавляющих составов, обеспечивается осаждение и рассеивание пылегазового выброса в атмосфере карьера без выброса в окружающую среду.

Сущность способа пылегазоподавления направленным метанием жидкого агента взрывом заключается в создании активных преград из жидких пылегазоподавляющих агентов в момент образования и распространения в атмосфере пылегазового облака при производстве взрывных работ. Активность подавления создают за счет направленного выброса агентов взрывом специальных зарядов из открытых емкостей, которыми могут служить открытые водоемы, специальные горные выработки, металлические сварочные конструкции и т.п., расположенные на площадках уступов карьера, вблизи взрываемого блока.

Для оценки гидродинамических полей, возникающих при взрыве заряда ВВ в жидкой среде, авторы [1-3] рекомендуют использовать математический аппарат по расчету взрывов сферических зарядов в безграничной жидкости с учетом отражения ударных волн от плоской твердой и свободной границ.

Для расчета устройств активного пылегазоподавления при метании жидкого агента из емкости взрывом определялись следующие параметры:

- скорость выброса агента из емкости устройства;
- дальность выброса агента;
- прочностные характеристики емкости устройства.

Основным гидродинамическим параметром при взрыве заряда ВВ в воде является давление на фронте распространяющейся ударной волны  $P_\phi$ . Величина  $P_\phi$  является функцией от  $r=R_{cz}$ , где  $r$  – расстояние от точки наблюдения до центра заряда ВВ, м  $R_{cz}$  – радиус эквивалентного сферического заряда  $R_{cz} = 0,053 \cdot \sqrt[3]{Q_i}$ , м

$$P_\phi = \gamma_i f(r) \quad (1)$$

$\gamma_i = (Q_i / Q_T)^{0,375}$ , где  $Q_i$  – удельная энергия используемого ВВ, ккал/кг;  $Q_T = 1000$  ккал/кг – удельная энергия тротила.

Зависимость (1) может быть получена путем численного моделирования уравнений гидродинамики или экспериментальным путем.

На рис. 1 представлена зависимость  $P_\phi$  от  $r/R_{cz}$  при взрыве заряда ВВ в воде (пересчитанная для ВВ аммонитовой группы), полученная в результате численного моделирования авторами [4], а также значения  $P_\phi$ , полученные по эмпирической формуле Коула [1]:

$$P_\phi = A(G^{1/3} / r)^{1,13} = 14700 / \bar{r} \cdot \gamma_i \quad (2)$$

Из рис.1 видно, что в диапазоне  $5 < r < 20$  значения  $P_\phi$ , рассчитанные по теоретической и экспериментальной зависимости хорошо согласуются между собой.

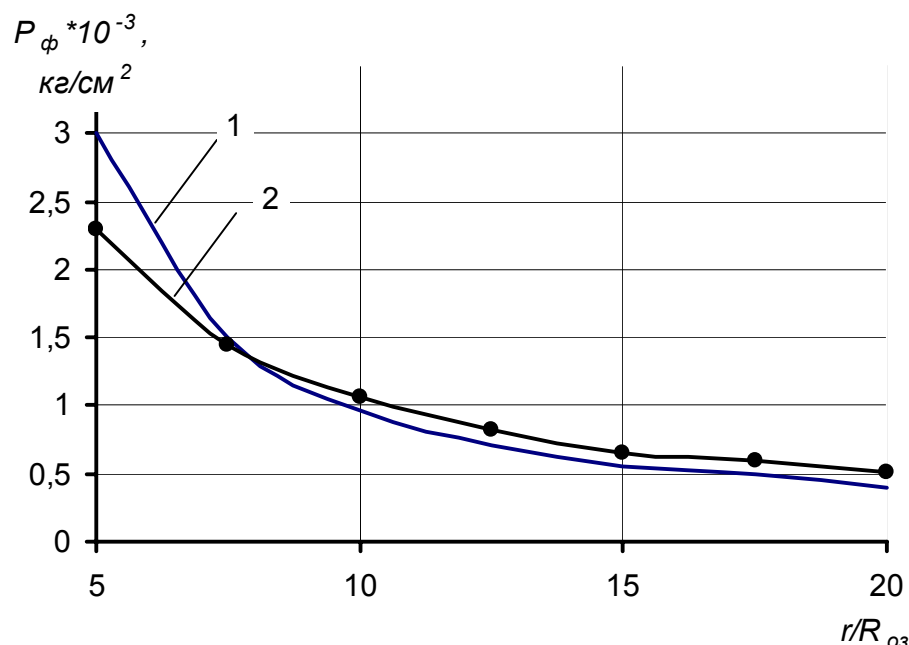


Рис. 1. График изменения давления  $P_\phi$  на фронте подводной ударной волны

- 1 – изменение давления, полученное по численным данным из [4];  
 2 – изменение давления, полученное по эмпирической формуле Коула [1]

К основным параметрам жидкости за фронтом ударной волны относятся: плотность  $\rho_\phi$ , скорость движения частиц  $U_\phi$ , скорость движения ударной волны в жидкости  $N$ . Отмеченные параметры могут быть выражены через давление на фронте  $P_\phi$  по следующим формулам, вытекающим из законов сохранения масс, импульса и энергии ударной волны [3]:

$$\frac{\rho_\phi + B}{P_\phi^n} = \frac{\rho_o + B}{P_o^n} \quad N = \sqrt{P_\phi / P_o \left( 1 - \frac{\rho_o}{\rho_\phi} \right)} \quad U_\phi = \sqrt{P_\phi / P_o \left( 1 - \frac{\rho_o}{\rho_\phi} \right)}, \quad (3)$$

где  $P_\phi$  и  $\rho_\phi$  – давление и плотность жидкости в исходном состоянии;  $B = 3045$  кг/см<sup>3</sup>,  $n = 7,15$  – параметры уравнения состояния воды в форме Тэта [3].

При прямом падении ударной волны на свободную поверхность, скорость частиц этой поверхности ( $U_{св.п.}$ ) удваивается по сравнению со скоростью частиц за фронтом ударной волны ( $U_\phi$ ) [3]:

$$U_{св.п.} = 2U_\phi = 2 \frac{\rho_o P_\phi}{nB}, \text{ м/с.}$$

Рассчитанные на основании этого свойства значения скорости частиц свободной поверхности непосредственно над местом расположения заряда ВВ и в зависимости от типа ВВ, его веса и глубины погружения в жидкость, представлены на рис. 2. Из рис. 2 видно, что скорость частиц свободной поверхности при глубине погружения заряда равной 0,5 м и его массе 10 кг достигает более 500 м/с, а при массе заряда ВВ 50 кг – более 1000 м/с. Однако время существования такой скорости крайне мало (1-2 мс), что не позволяет судить о фактической скорости выброса частиц жидкости из емкости.

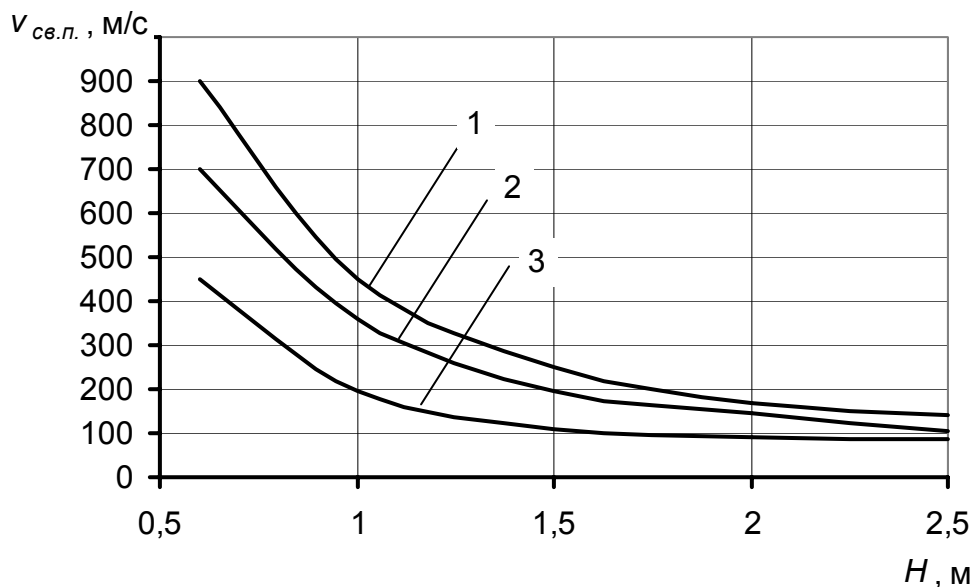
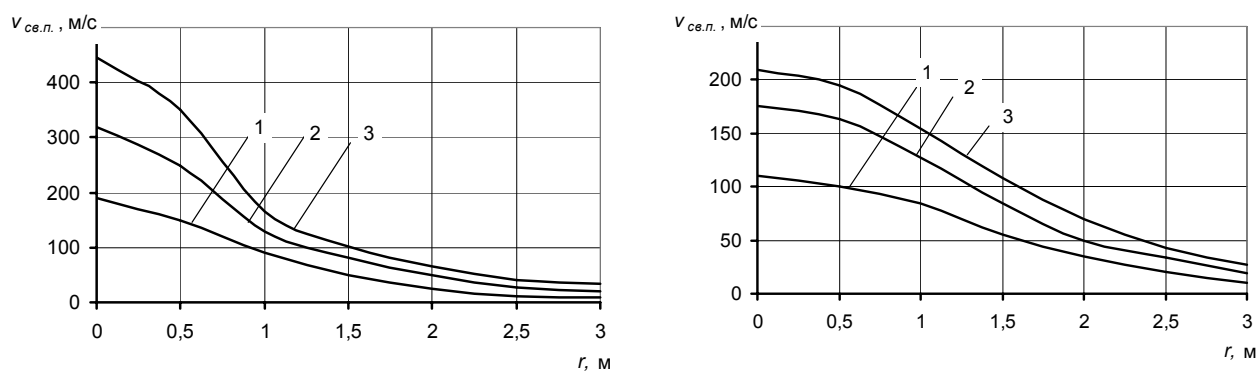


Рис.2. Графики изменения скорости движения частиц свободной поверхности жидкости в зависимости от глубины погружения заряда ВВ  
 1 – масса заряда ВВ = 50 кг; 2 – масса заряда ВВ = 30 кг;  
 3 – масса заряда ВВ = 10 кг

Расчет скорости выброса частиц свободной поверхности при взрыве заряда выброса в тех точках, к которым ударная волна приходит наклонно, представлены на рис. 3. Необходимо отметить, что представленные на рис 3 значения  $U_{св.п.}$  при разных значениях времени, т.е. к тем моментам времени, когда ударная волна приходит в данную точку свободной поверхности в пределах радиуса  $r$ .



а) при  $H=1$

б) при  $H=1,5$

Рис. 3. Графики изменения скорости движения частиц свободной поверхности жидкости при различных значениях глубины погружения заряда ВВ и радиуса струи выброса  
 1 – масса заряда ВВ = 10 кг; 2 – масса заряда ВВ = 30 кг;  
 3 – масса заряда ВВ = 50 кг

Анализ полученных результатов показывает, что скорость выброса частиц со свободной поверхности сильно уменьшается при увеличении расстояния от оси струи. Например, при массе заряда выброса равного 10 кг и глубине его погружения в жидкость на 1 м, значения скорости  $U_{св.п.}$  на оси струи достигают 200 м/с, а на расстоянии 1,5 м от оси струи значения скорости  $U_{св.п.}$  уменьшаются в 4 раза и достигают 50 м/с (рис. 3 а). Следует отметить, что хотя периферийные части струи имеют значительно меньшую скорость, чем ее центральная часть, импульс распределяется более равномерно по поперечному сечению струи за счет увеличения площади поперечного сечения, занятого периферийными участками струи.

Интегрирование данных, представленных на рис. 3 позволило получить формулу для определения средней скорости выбросов частиц жидкости при взрыве заряда ВВ в емкости:

$$U_B = \sqrt{\frac{2}{r^2} \int_0^r U_{св.п.}^2 r dr}, \text{ м/с} \quad (4)$$

Значения  $U_B$ , рассчитанные по формуле (4) для струи радиуса  $r$  заряда ВВ выброса, массой 10 кг при различной глубине погружения в емкости от 0,5 до 1,5 м представлены на рис.4. Анализ полученных данных показывает, что максимальные значения средней скорости  $U_B$  (более 500 м/с) достигают при глубине погружения заряда ВВ, равной 0,5 м. При глубине погружения заряда -1,5 м значения  $U_B$  одинаковы по всему поперечному значению емкости. Необходимо отметить, что чем глубже погружен заряд ВВ, тем большая часть жидкости будет выбрасываться. В точках на свободной поверхности жидкости, при значениях радиуса  $r$  более 1,5 м глубина погружения заряда фактически не влияет на скорость выброса жидкости из емкости. Это позволяет проектировать необходимые габаритные размеры емкости, при которых достигается наибольшая эффективность выброса жидкого агента.

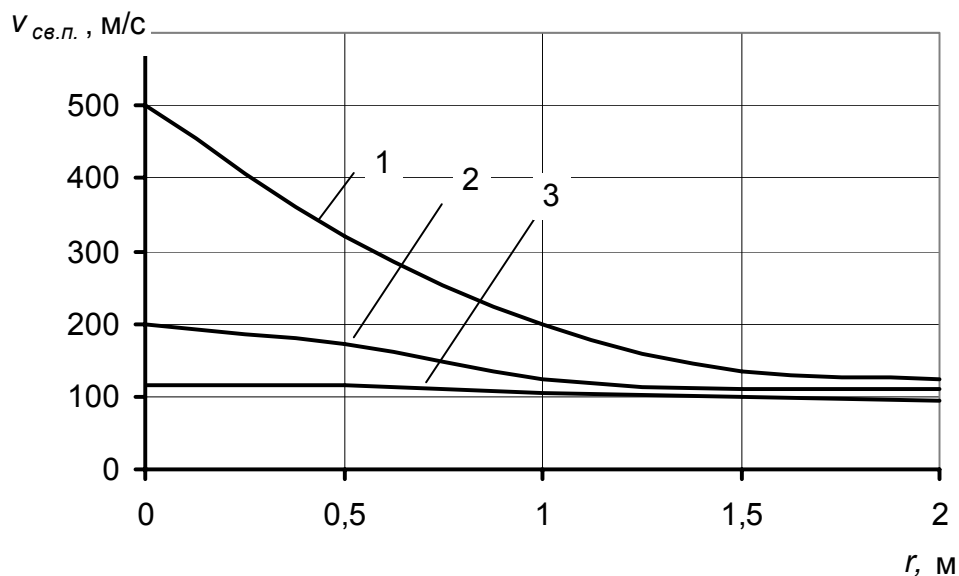


Рис.4. Графики изменения средней скорости выброса жидкости из емкости  
1 – H=0,5 м; 2 – H=1,0 м; 3 – H=1,5 м

Для оценки высоты метания жидкости при взрыве заряда ВВ в емкости принимаем, что выбрасываемая жидкость представляет собой цельную струю. Известно [5], что распределение скорости вдоль оси струи  $U_m$  на расстояниях  $x$  от начального сечения определяется по формуле:

$$U_m = \frac{12,4r_0}{x} \cdot U_0 \quad (4)$$

где  $r_0$  – радиус начального сечения струи, м;  $U_0$  – средняя скорость в начальном состоянии, м/с. Формула (4) учитывает влияние эффекта размывания струи в окружающей среде и не учитывает влияние силы тяжести. При истечении струи вертикально вверх формула (4) примет вид:

$$\frac{U_m^2}{2} = \left[ \frac{12,4r_0}{h} \cdot U_0 \right]^2 - gh \quad (5)$$

где  $h$  – высота выброса струи, м;  $g$  – ускорение свободного падения.

Разрешая выражение (5) относительно предельной дальности выброса  $h$  (дальнобойность струи) получим:

$$h_{np.} = \sqrt[3]{\frac{12,4^2 r_0^2}{2g} U_0^2}, \text{ м} \quad (6)$$

Рассчитанные по формуле (6) предельные значения дальности метания струи  $h_{np.}$ , используя вместо значений  $U_0$  значения  $U_B$  представлены на рис. 5. Из графика изменения дальности выброса жидкости из емкости видно, что при глубине погружения заряда в емкости, равной 1-1,5 м, массе заряда 10 кг, высота подъема струи достигает 50-60 м (при  $r_0 = 1-2$  м, где  $2r_0$  – габаритный размер (ширина) открытой части емкости).

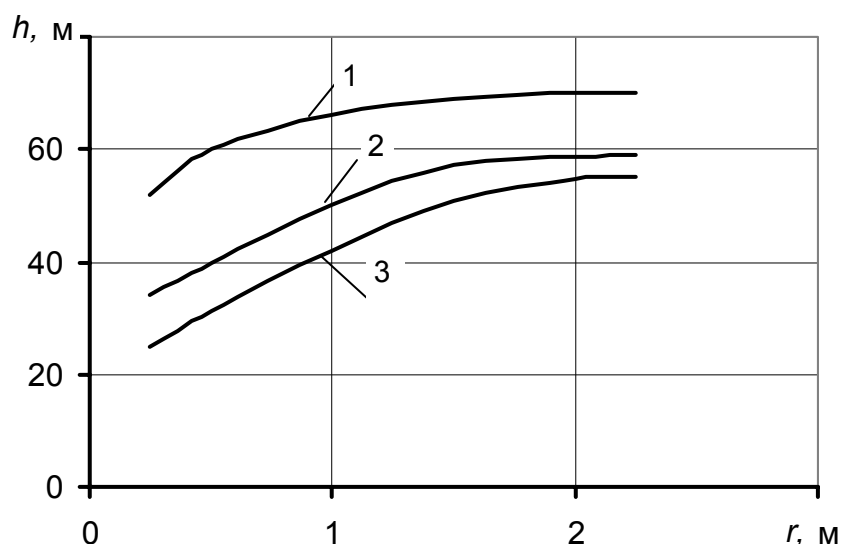


Рис.5. Графики изменения дальности выброса жидкости из емкости  
1 – H=0,5 м; 2 – H=1,0 м; 3 – H=1,5 м

Таким образом, предложенная методика расчета скорости и дальности выброса агента из емкости взрывом, позволяет получить значения рабочих параметров при проектировании и использовании устройств активного пылегазоподавления при взрывных работах. Вместе с тем при использовании энергии взрыва для направленного метания жидких агентов из емкости важно правильно выбрать объем заряда ВВ с позиций устойчивости конструкции емкости к воздействию ударных волн и обеспечения требуемых параметров устройства.

#### Список литературы

1. Коул Р. Подводные взрывы.- М.: ИИЛ, 1950.- 452 с.
2. Ландау Л.Д. Об ударных волнах на дальних расстояниях от места их возникновения.- М.: ПММ, 1954.-Т. IX.- вып. 4.-410 с.
3. Яковлев Ю.С. Гидродинамика взрыва.- Л.: Судпромиз, 1961.-312 с.
4. Стернберг Г.М., Уолкер В.А. Расчет течения и распределения энергии при подводной детонации пектолитовой сферы //Подводные и подземные взрывы.- М. Мир, 1985.-С. 121-151
5. Теория турбулентных струй /Под. ред. Г.Н. Абрамовича.- М.: Наука, 1984.-358 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Бойком В.О.*

*Надійшла до редакції 25.10.10*

УДК 81'25:811.112.2 (076.6)

© І.Л. Кабаченко, В.Г. Прутник

## ЛЕКСИКО-ГРАМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СТИЛЮ НІМЕЦЬКОЇ МОВИ

У роботі висвітлено лексико-граматичні проблеми перекладу на основі аналізу німецькомовних оригінальних науково-технічних текстів та їх перекладів українською мовою.

В работе освещены лексико-грамматические проблемы перевода на основе анализа немецкоязычных оригинальных научно-технических текстов и их переводов на украинский язык.

The lexico-grammatical problems of translation, based on the analysis of German original scientific texts and their translations into the Ukrainian are discussed in the article.

Характерні особливості науково-технічної літератури спостерігаються на рівнях лексики, граматики, прагматики та стилістичних ознак. Хоча ці всі ознаки і присутні в будь-якій мові, проте вони не відповідають однозначно одні однім, а у кожній окремій мові виражаються своєрідно. Ця своєрідність має як кількісний, так і якісний характер. Якісна своєрідність виражається в тому, що у різних мовах для передачі тих самих відношень або характеристик вживаються неідентичні засоби мови, іноді лексичні засоби передаються граматичними і навпаки, а кількісна оригінальність виражається у різній частотності вживання тих чи інших лексичних, граматичних і стилістичних засобів.

### Лексичні особливості.

- У німецькій мові набули певного поширення термінологічні лексичні лакуни. Їх поява свідчить про особливості локальної культури варіанту та інва-