

**Л.А. Новиков**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины)

**ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ  
СОПРОТИВЛЕНИЕ УЧАСТКОВЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ  
ТРУБОПРОВОДОВ**

**Л.А. Новіков**, магістр  
(ИГТМ НАН України)

**ВПЛИВ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ НА ГІДРАВЛІЧНИЙ  
ОПІР ДІЛЬНИЧНИХ ДЕГАЗАЦІЙНИХ  
ТРУБОПРОВІДІВ**

**L.A. Novikov**, M.S. (Tech.)  
(IGTM NAS of Ukraine)

**IMPACT OF DISPERSE PHASE ON HYDRAULIC  
RESISTANCE OF DISTRICT DEGASSING PIPELINES**

**Аннотация.** Представлены зависимости для коэффициентов гидравлических сопротивлений при течении однофазных и двухфазных сред в трубопроводах. Указанные зависимости предложено использовать при определении потерь давления метановоздушной смеси в участковых дегазационных трубопроводах. Показано, что поток метановоздушной смеси, содержащий взвешенные частицы влаги, можно рассматривать как двухфазную среду с дисперсной, кольцевой и дисперсно-кольцевой структурой. Установлено, что при наличии конденсата на стенках дегазационного трубопровода потери давления на трение характеризуются коэффициентом межфазного трения, величина которого зависит от толщины и относительной скорости течения жидкостной пленки. При этом местные потери давления зависят от скорости жидкой дисперсной фазы, ее объемного содержания в газовом потоке, а также от характера изменения проходного сечения трубопровода.

**Ключевые слова:** Коэффициенты гидравлического трения, коэффициенты местных гидравлических сопротивлений, жидкая дисперсная фаза, дегазационный трубопровод, метановоздушная смесь.

Снижение эффективности работы шахтной дегазационной системы (ДС) связано с нарушением герметичности устьев скважин и фланцевых соединений труб, скоплениями конденсата, углепородной пыли и продуктов коррозии в пониженных участках дегазационного трубопровода [1]. Это приводит к снижению концентрации капируемого метана, увеличению гидравлического сопротивления участковых трубопроводов и требует использования дополнительных вакуум-насосов.

Вакуумная газопроводная сеть имеет сложную топологическую структуру с неустойчивым характером движения метановоздушной смеси (МВС) и соответственно различными гидравлическими сопротивлениями участков.

В связи с этим точность расчета рациональных параметров ДС и степень адекватности полученных результатов зависят от правильного понимания газодинамических процессов, протекающих в дегазационном трубопроводе.

Влияние гидродинамических особенностей движения МВС на эффективность работы основных элементов шахтной ДС рассмотрено в работах [2, 3]. Несмотря на учет таких факторов, как содержание влаги в газовом потоке (водяной пар), процессов теплообмена и конденсации, а также притечек воздуха в газопроводную сеть, закономерности движения МВС не в полной мере раскрыты и детализированы. В частности это относится к вопросу влияния объемной концентрации частиц пыли и влаги на величину коэффициентов гидравлического трения и местных гидравлических сопротивлений участковых дегазационных трубопроводов.

Недостатком существующих функциональных зависимостей для коэффициентов гидравлических сопротивлений [4] при различных режимах течения однофазных и двухфазных сред является ограниченность применимости этих зависимостей тем или иным диапазоном чисел Рейнольдса, нестабильность структуры течения и параметров каждой из фаз в сечении трубопровода.

Эффективность транспортировки МВС от дегазационных скважин на поверхность определяется техническим состоянием дегазационного трубопровода, концентрацией метана и потерями давления при данном режиме работы ДС. В последнем случае необходимо учитывать физические свойства движущейся среды, которая в реальных условиях может быть двух- или трехфазной (присутствие взвешенных частиц пыли и влаги). В связи с этим исследование влияния дисперсной фазы на гидравлическое сопротивление участковых дегазационных трубопроводов является актуальной задачей.

Как известно потери давления на трение по длине трубопровода при течении вязкой жидкости или газа описываются универсальной формулой Дарси-Вейсбаха [5]

$$\Delta p_t = \lambda \frac{u^2}{2} \frac{l}{D} \rho, \quad (1)$$

где  $\lambda = f(kD^{-1}, Re)$  – коэффициент гидравлического трения;  $Re = uDv^{-1}$  – число Рейнольдса;  $k$  – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопровода, м;  $v$  – кинематическая вязкость среды, м<sup>2</sup>/с;  $u$  – осредненная скорость движения среды, м/с;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $D, l$  – гидравлический диаметр и длина трубопровода соответственно, м.

Величину потерь на трение в трубопроводе можно представить в виде обобщенной функциональной зависимости

$$\Delta p_t = s(\lambda, l) Q^m, \quad (2)$$

где  $s$  – гидравлическое сопротивление, Па;  $Q$  – расход однофазной среды, м<sup>3</sup>/с;  $m$  – показатель степени, величина которого зависит от режима течения.

Применительно к турбулентному движению МВС в дегазационном трубопроводе выражение (2) примет вид

$$p_n^2 - p_k^2 = s(\lambda, l)Q^2, \quad (3)$$

где  $p_n, p_k$  – давления МВС соответственно в начальном и конечном сечении трубопровода, Па.

На основании результатов экспериментальных исследований газопроводов низкого давления [5] была установлено, что

$$\Delta p_t = s_1 Q + s_2 Q^2, \quad (4)$$

где  $s_1, s_2$  – гидравлические сопротивления, определяемые по результатам экспериментальных исследований и табличным данным, Па.

Движение МВС через местные гидравлические сопротивления в участковых дегазационных трубопроводах (разветвления и сопряжения трубопроводов, трубопроводная арматура, соединения трубопроводов различного диаметра, скопления конденсата и твердых отложений) характеризуется местными потерями давления  $\Delta p_m$ , которые составляют основную часть суммарных потерь в вакуумной газопроводной сети. Величина коэффициента местного гидравлического сопротивления зависит от характера изменения проходного сечения трубопровода и определяется как

$$\zeta = \frac{2\Delta p_m}{\rho u^2}, \quad (5)$$

При движении газа через запорную арматуру необходимо учитывать изменение его плотности за счет сжимаемости. Коэффициент сжимаемости газа определяется по формуле [4]

$$k_z = \frac{\Delta p}{p_1} \frac{\kappa - 1}{\kappa \left[ (p_2/p_1)^{2/\kappa} - (p_2/p_1)^{\kappa+1/\kappa} \right]}, \quad (6)$$

где  $p_1, p_2$  – давления газа перед запорным устройством и за ним ( $p_2/p_1 > 0,9$ ), Па;  $\rho_1$  – плотность газа перед запорным устройством, кг/м<sup>3</sup>;  $u_1$  – средняя скорость газа перед запорным устройством, м/с;  $\kappa$  – показатель адиабаты для газа.

Коэффициенты местных гидравлических сопротивлений  $\zeta_s$  при движении газожидкостных потоков в трубопроводах представляют собой сложные функции параметров среды и превосходят свои значения  $\zeta$  при движении жидкостей или газов. Это связано с перераспределением фаз в сечении трубопровода и изменением структуры двухфазного потока. При этом за местными гидравлическими сопротивлениями может происходить увеличение плотности среды и суммарных потерь давления. В работе [6] рекомендуется принимать для пово-

ротов с последующим переходом в его наклонный или вертикальный участок  $\zeta_s = (6-7)\zeta$ , а в горизонтальных участках –  $\zeta_s \approx \zeta$ .

Присутствие жидкой дисперсной фазы в МВС и образование конденсата на стенках дегазационного трубопровода позволяет рассматривать транспортируемую среду как двухфазный поток с дисперсной, кольцевой и дисперсно-кольцевой структурой. В частности последние две структуры наблюдаются в вертикальных и наклонных участковых трубопроводах с нисходящим течением жидкостной пленки под действием силы тяжести.

При течении газожидкостной смеси в трубах для величины коэффициента гидравлического трения справедливо соотношение

$$\lambda_s = \lambda K_0, \quad (7)$$

где  $\lambda = f(Re_s, \bar{\Delta})$  – коэффициента гидравлического трения однофазного потока;  $K_0$  – коэффициент, учитывающий отклонение  $\Delta\lambda = \lambda_s - \lambda$ ;  $Re_s$  – число Рейнольдса, при котором наблюдается отклонение  $\Delta\lambda$ ;  $\bar{\Delta}$  – относительная шероховатость внутренней поверхности трубопровода, м.

Согласно работе [7] коэффициент гидравлического трения при кольцевой структуре течения определяется по формуле

$$\lambda_s = \lambda(Re_s, \bar{\Delta}) \left(1 + 0,03\bar{\mu}_1\right) \frac{1 - 0,78\beta - 0,22\beta(1 - e^{-15\bar{\rho}})}{1 - \beta + 0,03e^{-1,35 \cdot 10^3(1-\beta)^3}} - \frac{7,3e^{-15\bar{\rho}} - 1}{e^{\frac{1-\beta}{5,5}\sqrt{n^3}}}, \quad (8)$$

где  $\beta$  – объемное расходное газосодержание, д.е.;  $Fr_s$  – число Фруда;  $Fr_a$  – автомодельный параметр Фруда;  $\bar{\rho} = \rho_2/\rho_1$  – относительная плотность;  $\bar{\mu}_1$  – относительный коэффициент динамической вязкости жидкости;  $n$  – числовой параметр, определяемый как

$$n = [u_1(1 - \varphi) + u_2\varphi] \left( \frac{\rho_1 - \rho_2}{g\sigma} \right)^{0,25}, \quad (9)$$

где  $\varphi$  – истинное объемное газосодержание, д.е;  $u_1, u_2$  – средние скорости жидкости и газа, м/с;  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости, Н/м;  $\rho_1, \rho_2$  – плотности жидкости и газа, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Гомогенная модель двухфазного течения предполагает, что рассматриваемую среду можно представить в виде однофазной с некоторой средней плотностью  $\rho_s$  и скоростью  $u_s$ . Тогда для числа Рейнольдса при движении МВС с жидкой дисперсной фазой получим

$$Re_s \approx \rho_s u_s \mu_s^{-1} D^{-1}, \quad (10)$$

где  $\mu_s$  – динамическая вязкость двухфазной среды, Па·с.

Данный подход можно использовать и для движения МВС с частицами пыли.

При турбулентном движении жидкостной пленки по внутренней поверхности трубы для определения коэффициента гидравлического трения можно воспользоваться соотношением [8]

$$\lambda_{pl} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re_1}}, \quad (11)$$

где  $Re_1 > 300-400$  – число Рейнольдса, определяемое, как для потока вязкой жидкости в трубопроводе.

Кольцевая структура течения в дегазационном трубопроводе представлена жидкостной пленкой и газовым ядром (поток МВС). При этом граница раздела фаз может иметь волнообразную форму и приближенно рассматриваться как выступы шероховатости. В связи с этим вместо коэффициента гидравлического трения (как для однофазных сред) рассматривают коэффициент межфазного трения  $\xi_{mf}$ . Согласно экспериментальным исследованиям пароводяных и газожидкостных потоков в трубах [9]

$$\xi_{mf} = 0,005 + 0,84 \left( \frac{2\delta}{D} \right)^{1,1}, \quad (12)$$

где  $\delta$  – толщина жидкостной пленки, м.

Процесс течения двухфазной смеси через диафрагму был рассмотрен в работе [10]. Для коэффициента местного гидравлического сопротивления было получено соотношение

$$\zeta_s = k_z^{-1} - 0,5k_z^{-2}, \quad (13)$$

где  $k_z$  – коэффициент сжатия двухфазной смеси.

Применительно к движению МВС с жидкой дисперсной фазой можно записать [10]

$$k_z \approx \frac{cu_2 + u_2u_1^{-1}(1-c)u_1}{cu_2k_2^{-1} + u_2u_1^{-1}(1-c)u_2k_1^{-1}}, \quad (14)$$

где  $u_1, u_2$  – скорости частиц жидкости и МВС в месте сужения проходного сечения соответственно, м/с;  $c$  – массовая расходная концентрация МВС, д.е.;  $k_1 = S_1S^{-1}$  – коэффициент сжатия жидкости;  $S_1$  – площадь занимаемая жидкой фазой в месте сужения проходного сечения, м<sup>2</sup>;  $k_2$  – коэффициент сжатия МВС, определяемый как

$$k_2 = \frac{S_2}{S} = \frac{1}{2\zeta_1 \bar{P}_{kr}^{1/n}} \left\{ A - \left[ A^2 - \frac{4\bar{P}_{kr}^{2/n} (1 - \bar{P}) \zeta_1}{B} \right]^{0,5} \right\}, \quad (15)$$

где  $S$  – площадь отверстия диафрагмы, м<sup>2</sup>;  $S_2$  – площадь занимаемая МВС в месте сужения проходного сечения, м<sup>2</sup>;  $\zeta_1$  – коэффициент местного гидравлического сопротивления, определяемый как для жидкости;  $\bar{P}_{kr}$  – относительное критическое давление МВС;  $\bar{P}$  – относительное критическое давление двухфазной среды;  $n$  – показатель политропы расширения МВС за диафрагмой (для пара –  $n = 1,3$ , для воздуха –  $n = 1,4$ );  $A, B$  – числовые коэффициенты, определяемые согласно [10].

Местные потери давления МВС с жидкой дисперсной фазой на диафрагме можно определить по формуле

$$\Delta p_s = 0,5 \zeta_s \rho_s u_s^2. \quad (16)$$

В местах сопряжений участков трубопроводов для определения местных потерь давления двухфазной смеси можно воспользоваться соотношением [10]

$$\Delta p_{ms} = \Delta p_{m1} \left\{ 1 + \left( \frac{u_2}{u_1} - 1 \right) \left[ c(1 - c) E_\alpha + c^2 \right] \right\}, \quad (17)$$

где  $\Delta p_{m1}$  – местные потери давления вязкой жидкости в повороте, Па;  $E_\alpha$  – числовой коэффициент, учитывающий восстановление давления после поворота потока на угол  $\alpha$ .

При  $\alpha = 90^\circ$  и  $\alpha > 90^\circ$  соответственно:

$$E_{\alpha=90^\circ} = 1 + \frac{2,2}{\lambda_{\alpha=90^\circ} (2 + r_k D^{-1})}; \quad (18)$$

$$E_\beta = 1 + \left( E_{\alpha=90^\circ} - 1 \right) \frac{\lambda_{\alpha=90^\circ}}{\lambda_\beta}, \quad (19)$$

где  $r_k$  – радиус кривизны оси трубы в месте ее поворота, м;  $\lambda_{\alpha=90^\circ}$ ,  $\lambda_\beta$  – коэффициенты гидравлического трения жидкости при  $\alpha = 90^\circ$  и  $\alpha > 90^\circ$ .

### Выводы:

- поступление влаги из дегазационных скважин и ее конденсация на стенках трубопровода приводят к формированию кольцевой, дисперсной и дисперсно-кольцевой структуры течения двухфазной среды;

- при образовании жидкостной пленки на внутренней поверхности дегазационного трубопровода и турбулентном режиме движения МВС, поверхность раздела фаз имеет волнообразную форму и может рассматриваться в качестве выступов шероховатости;

- местные потери давления в дегазационном трубопроводе прямо пропорциональны скорости и объемной концентрации жидкой дисперсной фазы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, Л.А. Определение потерь давления на загрязненных участках вакуумного дегазационного трубопровода / Л.А. Новиков // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 92. – С. 258-263.
2. Вострикова, Н. А. Обоснование и определение рациональных гидродинамических режимов движения метановоздушной смеси по подземному вакуумному дегазационному трубопроводу: автореф. дис....канд. техн. наук: 25.00.18 / Вострикова Наталья Анатольевна; МГГУ. – М., 2004. – 24 с.
3. Малашкина, В.А. Разработка методов и средств повышения эффективности дегазационных установок угольных шахт: автореф. дис....док. техн. наук: 05.05.06 / Малашкина Валентина Александровна, МГГУ. – М., 1997. – 26 с.
4. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / под ред. А.С. Юрьева. – С.-Пб: АНО НПО "Мир и семья", 2001. – 1154 с.
5. Меренков, А.П. Теория гидравлических цепей / А.П. Меренков, В.Я. Хасилев. – М.: Наука, 1985. – 273 с.
6. Кутателадзе, С.С. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Кутателадзе, М.А. Стырикович. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.
7. Селезнев, В.Е. Методы построения моделей течений в магистральных трубопроводах и каналах / В.Е. Селезнев, С.Н. Прялов. – М.: Едиториал УРСС, 2012. – 560 с.
8. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. – М.: Наука, 1987. – т. 2. – 360 с.
9. Теплообмен в ядерных энергетических установках: Учебное пособие для вузов / Б. С. Петухов, Л. Г. Генин, С. А. Ковалев, С. Л. Соловьев.– М.: МЭИ, 2003. – 548 с.
10. Чисхолм, Д. Двухфазные течения в трубопроводах и теплообменниках / Д. Чисхолм. – М.: Недра, 1986. – 204 с.

## REFERENCES

1. Novikov, L.A. (2011), "Determination of pressure loss in the contaminated areas of the vacuum degassing pipe", *Geo-Technical Mechanics*, no. 92, pp. 258-263.
2. Vostrikova, N. A. (2004), Definition of rational justification and hydrodynamic regimes of motion methane-air mixture through an underground pipeline vacuum degassing, Abstract of Ph.D. dissertation, Fire safety, Scientific Bulletin of National Mining University, Moscow, Russia.
3. Malashkina, V.A. (1997), Development of methods and means to improve the efficiency of decontamination installations coal mines, D.Sc. dissertation, Mining machines, Scientific Bulletin of National Mining University, Moscow, Russia.
4. Yurev, A.S. (ed.) (2001), *Spravochnik po raschetam gidravlicheskih i ventilyatsionnyih sistem* [Reference calculations of hydraulic and ventilation systems], Mir i semya, St.- Petersburg, Russia.
5. Merenkov, A.P., Hasilev, V.Ya. (1985), *Teoriya gidravlicheskih tsepey* [Theory of hydraulic circuits], Nauka, Moscow, Russia.
6. Kutateladze, S.S. and Styrikovich, M.A. (1976), *Gidrodinamika gazozhidkostnyih sistem* [Hydrodynamics of gas-liquid systems], Energiya, Moscow, Russia.
7. Seleznev, V.E. and Pryalov, S.N. (2012), *Metodyi postroeniya modeley techeniy v magistralnyih truboprovodah i kanalah* [Methods of constructing models of flows in the main pipelines and canals], Editorial URSS, Moscow, Russia.
8. Nigmatulin, R.I. (1987), *Dinamika mnogofaznykh sred* [Dynamics of multiphase mediums], Nauka, Moscow, Russia.
9. Petuhov, B. S., Genin, L. G., Kovalev, S. A. and Solovyev, S. L. (2003), *Teploobmen v yadernyih energeticheskikh ustanovkakh: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Heat transfer in nuclear power plants: A manual for schools], MPEI, Moscow, Russia.
10. Chisholm, D. (1986), *Dvuhfaznyie techeniya v truboprovodah i teploobmennikah* [Two-phase flow in pipelines and heat exchangers], Nedra, Moscow, SU.

### Об авторе

**Новиков Леонид Андреевич**, инженер, младший научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [lnov71@yandex.ru](mailto:lnov71@yandex.ru)

### About the author

**Novikov Leonid Andreevich**, Master of Science, Junior Researcher in Department of Mineral Mining at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, [lnov71@yandex.ru](mailto:lnov71@yandex.ru)

**Анотація.** Представлені залежності для коефіцієнтів гідравлічних опорів при течії однофазних і двофазних середовищ в трубопроводах. Зазначені залежності запропоновано використовувати при визначенні втрат тиску метаноповітряної суміші в дільничних дегазаційних трубопроводах. Показано, що потік метаноповітряної суміші, що містить зважені частки вологи, можна розглядати як двофазну середу з дисперсної, кільцевої та дисперсно-кільцевою структурою. Встановлено, що при наявності конденсату на стінках дегазаційного трубопроводу втрати тиску на тертя характеризуються коефіцієнтом між фазного тертя, величина якого залежить від товщини і відносній швидкості течії рідинної плівки. При цьому місцеві втрати тиску залежать від швидкості рідкої дисперсної фази, її об'ємного вмісту в газовому потоці, а також від характеру зміни прохідного перетину трубопроводу.

**Ключеві слова:** Коефіцієнти гідравлічного тертя, коефіцієнти місцевих гідравлічних опорів, рідка дисперсна фаза, дегазаційний трубопровід, метаноповітряна суміш.

**Abstract.** The article presents dependences for coefficients of hydraulic resistance in the single-phase and two-phase media flowing in the pipelines. These dependences are proposed to use for estimating pressure loss in the methane-air mixture in the district degassing pipelines. It is shown that the flow of methane-air mixture containing suspended particles of water can be considered as a phase medium with dispersed, circular and dispersed-circular structure. It is stated that in presence of condensation on the walls of degassing pipeline pressure lost for friction is characterized by a coefficient of interphase friction value of which depends on thickness and relative rate of the liquid film flow. At the same time, local pressure loss depends on speed of the liquid dispersed phase, its volumetric content in the gas flow and nature of changed flow section of the pipeline.

**Keywords:** coefficient of hydraulic friction, coefficient of local hydraulic resistance, liquid dispersed phase, degassing pipeline, methane-air mixture

*Статья поступила в редакцию 20.11.2013*

*Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук Т.В. Бунько*



УДК 622.232.522.24

**Л.М. Васильев**, д-р техн. наук, профессор,  
**В.В. Зберовский**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**Ю.А. Жулай**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**Д.Л. Васильев**, канд. техн. наук, науч. сотр.,  
**Ю.Е. Поляков**, аспирант  
(ИГТМ НАН Украины)  
**А.А. Ангеловский**, магистр  
(ПАО «Краснодонуголь»)

### **КАВИТАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ИМПУЛЬСНОГО ГИДРОРЫХЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**Л.М. Васильев**, д-р техн. наук, професор,  
**В.В. Зберовський**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,  
**Ю.О. Жулай**, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,  
**Д.Л. Васильєв**, канд. техн. наук, наук. співр.,  
**Ю.Є. Поляков**, аспірант  
(ІГТМ НАН України)  
**О.А. Ангеловський**, магістр  
(ПАТ «Краснодонвугілля»)

### **КАВИТАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ІМПУЛЬСНОГО ГІДРОРОЗПУШУВАННЯ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ**

**L.M. Vasilyev**, D.Sc.(Tech.), Professor,  
**V.V. Zberovsky**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,  
**Yu.A. Zhulay**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,  
**D.L. Vasilyev**, Ph.D. (Tech.), Reseacher,  
**Yu.E. Polyakov**, Doctoral Student  
(IGTM NAS of Ukraine)  
**A.A. Angelovskiy**, M.S. (Tech.)  
(PJSC «Krasnodonugol»)

### **CAVITATION DEVICE FOR PULSE HYDRAULIC LOOSING OF THE COAL LAYERS**

**Аннотация.** Описано кавитационное устройство импульсного гидрорыхления угольных пластов. Установлены зависимости частоты и размаха автоколебаний давления в диффузорном канале генератора упругих колебаний и его амплитудно-частотных характеристик от давления подпора жидкости. Выполнено обоснование рабочих параметров кавитационного устройства с целью гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов для предельного случая скорости развития деформации ( $\dot{\epsilon}=10 \text{ с}^{-1}$ ) и трещинообразования при различных значениях модуля упругости угля при сжатии по напластованию  $3 \cdot 10^2 \leq E \leq 5 \cdot 10^2 \text{ МПа}$  и  $E=2 \cdot 10^3$  – перпендикулярно напластованию. При моделировании гидрорыхления угольного пласта на лабораторном стенде в имитаторе фильтрационной части скважины установлено изменение амплитудно-частотных характеристик устройства на удалении 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 м от генератора ГК-2,5.