

Научная статья

УДК 622.23.05

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-1-28-35

Пашко Павел Борисович^{1,*}, инженер, Яблонев Александр Львович², доктор технических наук, доцент

¹ООО «ПИК МАЙНИНГ»²Тверской государственной технический университет

*E-mail: pashko.pb@gmail.com

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРГАТОРА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ**Информация о статье**

Поступила:

02 сентября 2021 г.

Одобрена после

рецензирования:

20 января 2022 г.

Принята к печати:

15 февраля 2022 г.

Ключевые слова:

механизированные крепи,
эмульсия, диспергаторы,
удельные характеристики, кавитация

Аннотация.

В статье обоснована актуальность возвращения к использованию диспергаторов для подготовки эмульсии механизированных крепей в отдельных случаях – как резерв при сбое поставки растворимого эмульсола и при использовании механизированных крепей с малым остаточным ресурсом, например, в условиях ДНР и ЛНР. Предложена новая конструкция и алгоритм расчета роторного аппарата с модуляцией потока типа гидродинамического диспергатора. Предлагается учитывать и управлять объемным содержанием свободного воздуха в обрабатываемой жидкости, что ранее не применялось. Установлена зависимость оптимального числа акустической кавитации от содержания свободного воздуха. Предложены зависимости для определения геометрических параметров отверстий патрубков ротора и статора. Установленные зависимости позволят создать диспергатор для получения высокодисперсной эмульсии.

Для цитирования: Пашко П.Б., Яблонев А.Л. Расчет параметров диспергатора для приготовления эмульсии механизированных крепей // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 1 (159). С. 28-35. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-1-28-35

Введение:

На механизированную крепь приходится основная часть стоимости механизированного комплекса, и она во многом определяет его производительность [1].

Надежность и ресурс гидравлических элементов механизированной крепи в основном определяет качество используемой эмульсии. [2,3]

В 60-х годах в начале использования механизированных крепей в качестве рабочей жидкости (РЖ) использовалось минеральное масло, позже в 70-х вместо минерального масла начали использовать эмульсию – «масло – в воде» 2-5% эмульсола и 95-98% воды. В состав эмульсола входит минеральное масло с различными присадками. По сравнению с минеральным маслом эмульсия является не горючей и при этом более дешевой.

Для получения эмульсии использовалось специальное оборудование, смешивающее эмульсол и воду. Позже для этих целей начали использоваться диспергаторы, использующие в процессе смешивания кавитацию и ультразвук, позволяющие получать высокодисперсную эмульсию, за счет этого значительно повысить качество получаемой эмульсии и, соответственно, увеличить ресурс элементов механизированной крепи очистных комплексов.

Следует отметить большую роль В.Ф. Юдаева и А.М. Балабышко в разработке теоретических и технических решений диспергаторов, а также в их внедрении в угольную промышленность. На некоторые их работы ссылки будут приведены ниже.

С появлением в начале 2000-х годов эмульсолов третьего поколения, растворяющихся в воде при

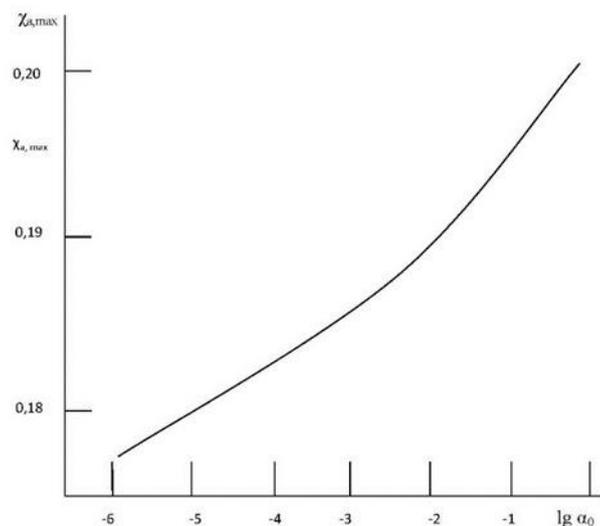


Рис.1 Зависимость оптимального числа акустической кавитации от газосодержания:

$$R\bar{D}=1; We = 0,15; Re = 106$$

Fig. 1 The dependence of the optimal number of acoustic cavitation on the gas content:

$$R\bar{D}=1;; We = 0.15; Re = 106$$

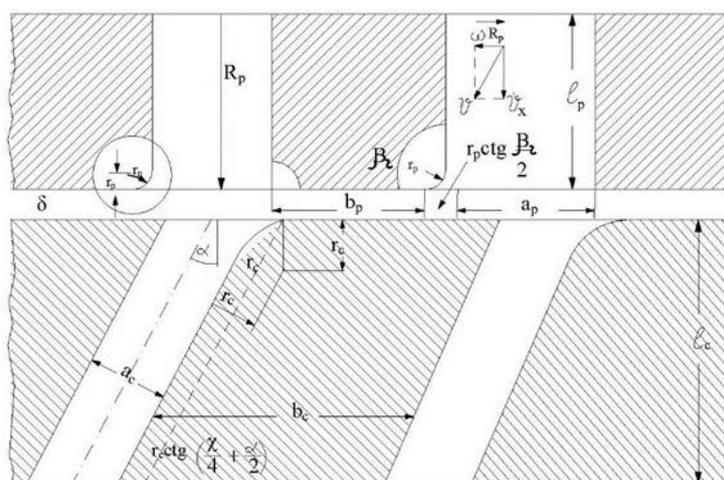


Рис. 2. К определению геометрических параметров отверстий патрубков ротора и статора

Fig. 2 To determine the geometric parameters of the holes of the rotor and stator nozzles

приготовлении эмульсии, использование диспергаторов фактически прекратилось, хотя следует отметить, что большинство эмульсоллов продолжают выпускать для использования в металлообработке, и их цена примерно в 5 раз ниже.

Так как диспергаторы широко применяются в других отраслях промышленности, за прошедшие 20 лет продолжалось совершенствование их конструкции. Нами рассматривается диспергатор с новой конструкцией модулятора, в котором повышение дисперсности получаемой эмульсии достигается за счет управления процессом кавитации.

На наш взгляд, в настоящее время целесообразно вернуться к применению диспергаторов в отдельных случаях по двум причинам.

1. В связи с пандемией и повысившимся риском задержки поставки эмульсола [4] имеет смысл иметь диспергатор и запас «обычного» дешевого отечественного эмульсола в качестве запасного варианта.

2. В случае использования изношенных механизированных крепей на предполагаемом значимом интервале эксплуатации более целесообразно использовать более дешевый эмульсол, в т.ч. по причине его повышенного расхода.

Такая ситуация соответствует ситуации в ДНР и ЛНР, где в работе осталось примерно 30 шахт и ориентировочно около 40 механизированных забоев, на которых добывается около 18 млн т в год [5,6]. При этом механизированные крепи не приобретаются, а только восстанавливаются.

Для вышеперечисленных случаев целесообразно вернуться к использованию диспергаторов для приготовления эмульсии, тем более что рассматриваемая конструкция диспергатора нового технического уровня позволяет получать более качественную, высокодисперсную эмульсию.

Основная часть

Основной идеей предлагаемой новой конструкции диспергатора является учет и управление объемным содержанием свободного воздуха в обрабатываемой жидкости, что ранее не применялось.

В работе [7] предложена модель нелинейных симметричных радиальных колебаний газожидкостной смеси в поле незаполненного отрицательного импульса, излучаемого отверстием статора в облучаемую камеру роторного аппарата типа гидромеханического диспергатора, позволяющего определить оптимальное число кавитации, при котором скорость процесса максимальная. Было доказано теоретически и экспериментально, что оптимальное число кавитации зависит от амплитуды и длительности импульса давления, возбуждающего кавитацию, и начальной концентрации свободного газа в жидкости. Затем теоретически на основе [7] были получены зависимости амплитуды кавитационного импульса давления в зависимости от числа акустической кавитации и зависимости максимальной амплитуды импульса давления от газосодержания [8, 9]. На рис. 1 представлена зависимость оптимального числа акустической кавитации от свободного содержания газа в обрабатываемой жидкости.

Последняя зависимость $\chi_{a \max}(\alpha_0)$ определяет условия, при которых кавитационное воздействие на обрабатываемую среду будет наибольшее. Таким образом, появляется возможность производить расчет технологического оборудования, использующего для интенсификации процессов диспергирования [10, 11] импульсную гидродинамическую или акустическую кавитацию [12, 13] с большей достоверностью и надежностью, чем существующие методики для учета содержания свободного газа в обрабатываемой жидкости.

Полученная графическая зависимость (рис. 1) оптимального числа кавитации от объемного газосодержания жидкости, когда интенсификация процесса диспергирования максимальная, положена в основу расчета роторного аппарата типа ГМД. Это позволит производить более точные расчеты технологического оборудования, использующего кавитацию в качестве основного фактора для интенсификации процессов, в частности, диспергирования. С другой стороны, если кавитация является нежелательным явлением в элементах аппарата, можно менять кавитационное воздействие на поверхность гидравлических элементов путем регулирования содержания свободного газа в виде пузырей.

Как показывают опыты, растворенный газ значительно влияет на динамику кавитационных пузырей в проточной жидкости (роторный аппарат непрерывного действия, насосные установки, местные гидравлические сопротивления), потому что выделение растворенного газа в пузырь в фазе расширения пузыря и растворение газа из пузыря в жидкость в фазе сжатия пузыря, совершающего ограниченное число радиальных колебаний, является медленным диффузионным периодическим неравновесным процессом.

Исходными данными гидромеханического диспергатора (ГМД) являются: объемный расход компонентов рабочей жидкости Q ; примем, что при течении рабочей жидкости в модуляторе ГМД содержание свободного газа α_0 в ней такое же как и в кильватерных струях кораблей порядка $\alpha_0 = 10^{-5}$ [14]; частота вращения ротора ГМД равна частоте вращения асинхронного двигателя $n = 2880$ об/мин; состав гидравлической рабочей жидкости – вода с поверхностно активными веществами – 98%; эмульсол – 2%; ПАВ – 0,1%.

Остальные табличные или графические значения физических величин по мере расчета будем определять в справочной литературе или других источниках информации.

Алгоритм расчета роторного аппарата с модуляцией потока типа ГМД заключается в следующем.

1. По рис. 1 определяем оптимальное значение величины обобщенного критерия кавитации $\chi_a^{-1} = \chi_a^{-1} + \chi_r^{-1}$,

где

$$\chi_a = \frac{P_\infty - P_n(T) - \frac{2\sigma}{R_0}}{|P_{\max}|}, \quad \chi_r = \frac{P_\infty - P_n(T) - \frac{2\sigma}{R_0}}{\frac{1}{2}\rho_{ж} \left[\left(\frac{Q_{1c}}{Q_{ch}} \right)^2 + (\omega R_p)^2 \right]^{1/2}} \quad (1)$$

– значения величины критериев акустической и гидродинамической типов кавитации; P_∞ – давление жидкости в камере аппарата (вдали от центра пузыря), $P_n(T)$ – давление паровоздушной смеси в пузыре, зависящее от температуры T ; σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости с учетом ПАВ; R_0 – начальный радиус равновесного пузыря; $|p|_{\max}$ – модуль амплитуды давления импульса, излучаемого отверстием статора в камеру аппарата; $\rho_{ж} = \rho_1 c_1 + \rho_2 c_2 + \rho_3 c_3$ – плотность рабочей жидкости в соответствии с ее составом (см. исходные данные, $\rho_1, \rho_2, \rho_3, c_1, c_2, c_3$ – плотность и массовая концентрация компонентов рабочей жидкости); $Q_{1c} = \frac{Q}{Z_c}$ – объемный расход жидкости через одно отверстие статора шириной a_c и высотой h ; Z_c – число отверстий по образующей конуса статора; ω – угловая частота вращения ротора с радиусом внешней поверхности R_p .

Заметим, что при небольшой вариации концентраций эмульсола и ПАВ плотность рабочей жидкости можно принять равной плотности воды.

2. Коэффициент динамической вязкости рабочей жидкости при концентрации эмульсола меньше 5% можно вычислить по формуле Смолуховского-Эйнштейна

$$\mu_{рж} = \mu_v (1 + 2,5c),$$

где μ_v – вязкость воды, c – доля эмульсола и ПАВ в воде. $\rho_{ж}$ и $\mu_{рж}$ необходимы для определения режима течения жидкости, который определяется величиной критерия Рейнольдса. Поэтому к точности определения $\mu_{рж}$ и ρ не предъявляются высокие требования.

3. Для достижения оптимального режима работы ГМД должны быть обеспечены условия: критерий χ_a определить по рис. 1, а χ_r должно быть больше 1.

4. Значение величины критерия Рейнольдса [15]

$$Re_o = \frac{V_o d_{rc} \rho_{ж}}{\mu_{рж}} > 50 \quad (2)$$

$$V_o = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{ж}}} - \text{скорость установившегося движения}$$

через отверстие статора идеализированной жидкости (формула Торричелли) – масштаб скорости, d_{rc} – гидравлический диаметр прямоугольного в сечении отверстия статора.

5. Коэффициент заполнения отверстий в роторе (рис. 2)

$$\tau_p = \frac{a_p + r_p \text{ctg} \frac{\beta_2}{2} + \frac{a_c}{\cos \alpha} + r_c \text{ctg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right)}{a_p + r_p \text{ctg} \frac{\beta_2}{2} + b_p} = 0,5 \div 0,7 \quad (3)$$

и статоре

$$\tau_p = \frac{a_p + r_p \text{ctg} \frac{\beta_1}{2} + \frac{a_c}{\cos \alpha} + r_c \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} \right)}{\frac{a_c}{\cos \alpha} + r_p \text{ctg} \frac{\beta_2}{2} + b_c} = 0,5 \div 0,7 \quad (4)$$

$a_p, a_c, b_p, b_c, r_p, r_c$ – ширина отверстия в роторе и статоре; ширина промежутка между отверстиями в роторе и статоре; радиус цилиндрического закругления кромки отверстия в роторе и статоре, который выбирается из условия минимума коэффициента гидравлического сопротивления при открывании отверстия статора отверстием ротора; α – угол между осями отверстий ротора и статора; β_1, β_2 – угол между передней, задней стенкой и радиусом R_p вращения ротора; l_p и l_c – толщина стенки ротора и статора с учетом присоединенной массой жидкости (рис. 2).

6. Величина $\tau = 0,5 \div 0,7$ коэффициентов заполнения определена экспериментально [16].

$$\tau_p = \frac{2a_p}{a_p + b_p} \quad (5)$$

$$\tau_c = \frac{2a_c}{a_c + b_c} \quad (6)$$

Эти коэффициенты зависят от многих геометрических (величина зазора между рабочими поверхностями ротора и статора δ , $\arctg \frac{\omega R}{v_p}$, Δp – разность давления жидкости на входе и выходе модулятора или полостью ротора и камерой аппарата) и др. параметров. Их следует оптимизировать при решении уравнения движения жидкости через модулятор.

7. Форма поперечного сечения патрубков ротора и статора принимается прямоугольной, когда скорость изменения площади проходного сечения диафрагмы модулятора ГМД является максимальной в процессе открывания ($dS_M/dt = h\omega R_p$) и максимальной по модулю в процессе закрывания ($dS_M/dt = |-h\omega R_p|$) отверстия статора ротором.

8. Значение критерия гомотронности $No = \frac{2l\omega R_p}{a_c v_o}$ выбираем по рекомендации [17], равным $4 \div 5$.

9. Толщину боковой стенки ротора l_p и статора l_c определяем по методике прочностных расчетов $l = l_p + l_c$ и затем проверяем на условие $No = 4 \div 5$, но не меньше толщины полученной из прочностных расчетов.

10. Найдем необходимое давление жидкости на входе ГМД, которое обеспечит оптимальное значение обобщенного критерия кавитации. Примем регулируемое выходным вентилем давление жидкости

в камере равным 0,3 МПа. По исходным данным величина критерия акустической кавитации

$$\chi_a = \frac{0,3 \text{ МПа}}{|p|_{\max}} = 0,18.$$

Откуда $|p|_{\max} = 1,7$ МПа. С другой стороны, $|p|_{\max}$ можно определить из теории течения жидкости через модулятор ГМД [16]

$$|p|_{\max} = \frac{2l_p}{Z_{a_c} S_o} \frac{\omega R_p}{\tau} \delta Q, \quad (7)$$

где $\delta_v = \frac{m\tau}{m\tau + 2(1-m)}$ – коэффициент модуляции объема

$m = 1 - \delta_v/a$ – коэффициент модуляции расхода.

Из формулы для $|p|_{\max}$ находим площадь поперечного сечения патрубка модулятора

$$S_{oc(p)} = \frac{2l_p \omega R_p \delta Q}{Z_{a_c} |p|_{\max} \tau} = a_{c(p)} h. \quad (8)$$

После проведения вышеприведенных параметров необходимо проверить: давление на выходе (p_k), входе ($p_{вх}$), скорость V_o – установившаяся идеальной жидкости, значение модифицированного критерия кавитации

$$Re_o = \frac{V_o d_{rp} \rho}{\mu} = \frac{V_o \rho}{\mu} \frac{2a_p h_p}{a_p + h_p} > 50 \div 100, \quad (9)$$

когда в этих аппаратах наблюдается автомобильный режим течения или развитое турбулентное течение обрабатываемой среды нестационарных неустановившихся течений [18] в перекрывающихся периодически коротких патрубках-отверстиях ротора и статора ГМД, значение величины критерия гомотронности, величину критерия гидравлической кавитации.

Проверка величин критериев подобия, $\tau_p, \tau_c, m, \delta$, ГМД соответствует современному уровню теоретических и экспериментальных знаний о гидромеханических переходных процессах в ГМД.

Таким образом, в результате анализа имеющихся в литературе методов расчета разработаны и впервые сформулированы исходные данные с учетом содержания свободного газа в обрабатываемой среде и разработан алгоритм расчета аппарата с учетом оптимизации значения величины числа кавитации.

Для экспериментального исследования зависимости качества рабочей жидкости гидромеханизированных угледобывающих комплексов от различных параметров гидромеханических диспергаторов типа роторных аппаратов с модуляцией потока (ГМД) и стенда в целом был создан экспериментальный стенд.

Опыты проводились при варьировании величины зазора δ между рабочими поверхностями ротора и статора ГМД и разностями давлений жидкости в полости ротора и в камере за статором.

На рис. 1 изображены кривые зависимости дисперсности $D_s = d_s^{-1}$ и $D_{ap} = d_{ap}^{-1}$ эмульсии от квадрата расхода средней расходной скорости в патрубках – отверстиях статора:

$$v_{cp} = Q/S_{oc} Z_c \quad (10)$$

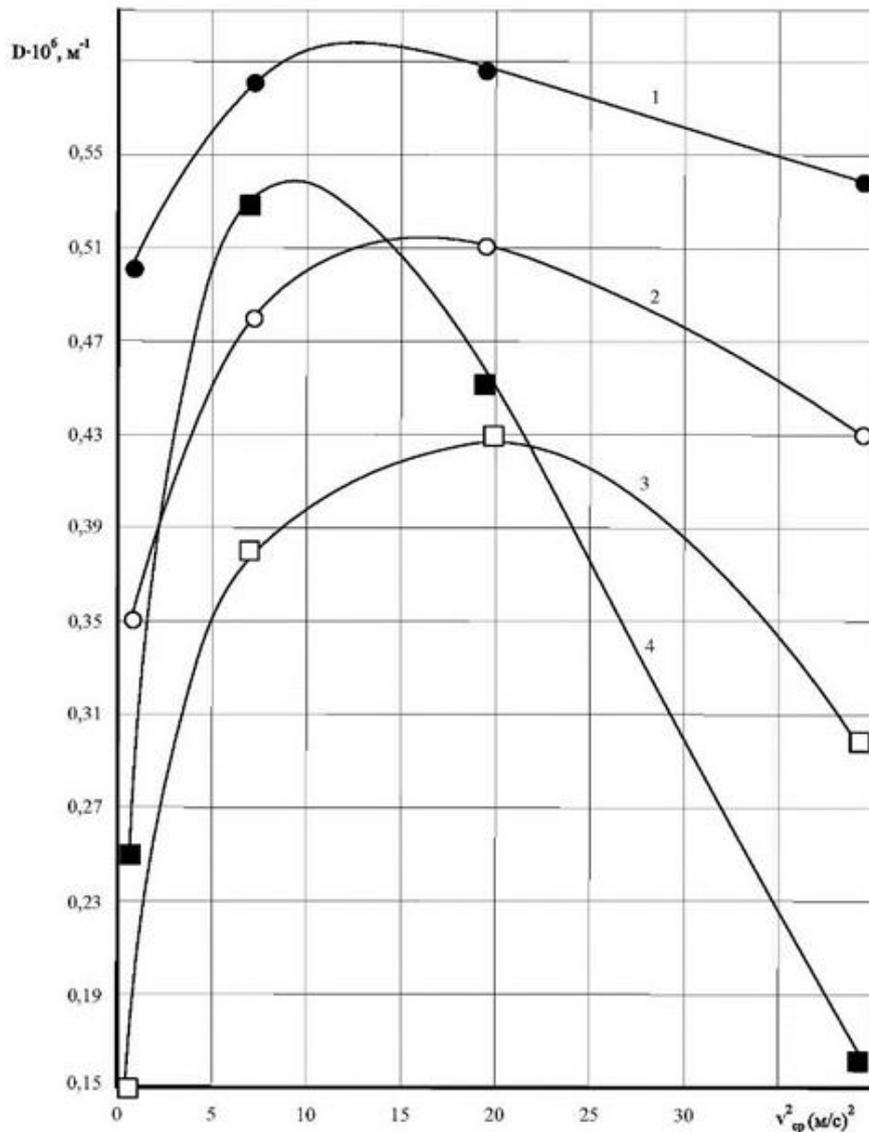


Рис. 3. Зависимость дисперсности эмульсии (1, 3 - по среднеарифметическому диаметру; 2, 4 - по среднеповерхностному диаметру) от квадрата расходной скорости в патрубках статора при различных величинах зазора, мм: 1 и 2 - 0,069; 3 и 4 - 0,138

Fig. 3 The dependence of the dispersion of the emulsion (1, 3 - by the arithmetic mean diameter; 2, 4 - by the average surface diameter) on the square of the flow rate in the stator pipes at different clearance values, mm: 1 and 2 - 0.069; 3 and 4 - 0.138

где Q – объемный расход жидкости через аппарат, $S_{oc} = a_c \cdot h_c$ – площадь проходного сечения прямоугольного отверстия в боковой стенке статора шириной a_c , высотой h_c , Z_c – число прямоугольных отверстий эквидистантно расположенных в боковой поверхности статора.

Из приведенных кривых рис. 3 следует, что:

- кривые имеют максимум, как и следует из теории воздействия на технологические процессы [19], так и из экспериментальных исследований зависимости кавитационных импульсов давления от квадрата расходной скорости [20];

- максимумы кривых $D(v_{cp}^2)$ имеют небольшой разброс (D_s находится в интервале $10 < v_{cp}^2 < 15 \frac{м^2}{с^2}$ изменения скоростей;

- при меньшей величине зазора $\delta = 0,069$ мм кривые 1 и 2 расположены выше кривых 3 и 4 при большей величине зазора $\delta = 0,38$ мм;

- скорость модуля изменения дисперсности $|dD/d(v_{cp}^2)|$ меньше при меньших δ , чем при больших, т.е. $|dD/d(v_{cp}^2)|_1 < |dD/d(v_{cp}^2)|_2$ и

- $|dD/d(v_{cp}^2)|_3 < |dD/d(v_{cp}^2)|_4$ или чем меньше δ , тем при большем интервале v^2 можно получить высокодисперсную рабочую жидкость. Средняя скорость определяется большим числом параметров, но обобщенный критерий кавитации, обратная величина которого определяется из формулы

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_r} + \frac{1}{X_a}, \quad (11)$$

χ , χ_g , χ_a – критерии кавитации обобщенной, гидродинамической, акустической импульсной кавитации. Она включает динамические акустические параметры ГМД и более полно описывает меру воздействия на процессы эмульгирования и мокрого диспергирования.

Полученные зависимости дисперсности рабочих жидкостей от значения критерия кавитации соответствуют теории интенсификации технологических процессов эмульгирования при кавитационном воздействии, в том числе и по зависимости коэффициента неоднородности от χ^{-1} .

Выводы.

1. В случаях использования изношенного оборудования механизированных комплексов или возможности задержки поставки эмульсола для приготовления эмульсии целесообразно использовать диспергатор и более дешевые эмульсолы, применявшиеся ранее и выпускающиеся в настоящее время.

2. Предлагается учитывать и управлять объемным содержанием свободного воздуха в обрабатываемой жидкости, что ранее не применялось.

3. Установлена зависимость оптимального числа акустической кавитации от содержания свободного воздуха.

4. Предложены зависимости для определения геометрических параметров отверстий ротора и статора.

5. Установленные зависимости позволят создать диспергатор для получения высокодисперсной эмульсии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gao V., Liu D., X. Zhang X., He M. Analysis and optimization of entry stability in underground long wall mining // Sustainability. 2017. Vol. 9. №11. P. 2079.
2. Финкельштейн З. Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. М. : Недра, 1986. 232 с.
3. Tian Cong, Wei Xiwen, Zheng Yi. The Intelligent Control of Emulsion Pump Station // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1881, The 2nd International Conference on Computing and Data Science (CONF-CDS). 2021, Stanford, United States Citation Cong Tian et al 2021 J. Phys. : Conf. Ser. 1881 022044.
4. Nawrocki T. L., Jonek-Kowalska J. Assessing operational risk in coal mining enterprises – Internal, industrial and international perspectives // Resources Policy. 2016. Vol. 48. P. 50-67.
5. МИНИСТЕРСТВО УГЛЯ И ЭНЕРГЕТИКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ - http://mintekdnr.ru/news/shakhtery_doneckoj_respubliki_dobyli_bolee_500_tys_tonn_uglja/2020-02-03-2263
6. МИНИСТЕРСТВО ТОПЛИВА, ЭНЕРГЕТИКИ И УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ - <https://mintop.su/news/2021/04/2-milliona-tonn-uglja>

dobyli-shahtjory-gup-lnr-rtk-vostokugol-s-nachalagoda

7. Юдаев В. Ф. Гидромеханические процессы в роторных аппаратах с модуляцией проходного сечения потока обрабатываемой среды // Теор. основы хим. технол. 1994. Т. 28. № 6. С. 581-590.
8. Червяков В. М., Юдаев В. Ф. Кавитационные явления в газожидкостной среде // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2004. № 4. С. 73-77.
9. Червяков В. М., Юдаев В. Ф. Гидродинамические и кавитационные явления в роторных аппаратах: Монография. М. : «Издательство Машиностроение – 1», 2007. 128 с.
10. Агломазов А. Л., Юдаев В. Ф. Интенсивность процесса диспергирования // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 11. С. 9-13.
11. Агломазов А. Л., Юдаев В. Ф. Скорость технологического процесса эмульгирования // Естественные и технические науки. 2016. № 11. С. 266-269.
12. Altay R., Sadaghiani A. K., Sevgen M. I., Şişman A., Koşar A. Numerical and experimental studies on the effect of surface roughness and ultrasonic frequency on bubble dynamics in acoustic cavitation // Energies. 2020. Vol.13. Issue 5.
13. Wu P., Bai L, Lin W, Wang X. Mechanism and dynamics of hydrodynamic-acoustic cavitation (HAC) // Ultrasonics Sonochemistry. 2018. 49. doi:10.1016/j.ultsonch.2018.07.021
14. Гаврилов Л. Р. Содержание свободного газа в жидкостях и методы его измерения // В кн. Физика и техника мощного ультразвука. Т. 3. Физические основы ультразвуковой технологии. М. : Наука. 1970.
15. Юдаев В. Ф. Переходный режим течения жидкости через модулятор роторного аппарата // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. № 12. 2002. С. 27.
16. Латышев Б. В., Назаренко А. Ф., Покора И. Н. Исследование гидродинамических сирен с целью оптимизации их параметров // В кн.: Технологическое применение акустических колебаний в цветной металлургии: тез. Республиканского Н.Т.С. Ташкент 10-13 октября 1972 г. Ташкент. 1972. С. 75-77.
17. Балабышко А. М. Роторные аппараты с модуляцией потока и их применение в промышленности // Балабышко А. М., Юдаев В. Ф. М. : Недра. 1992. 176 с.
18. Penga Yu-Xiang, Zhanga A-Man, Wanga Shi-Ping. Coupling of WCSPH and RKPM for the simulation of incompressible fluid–structure interactions. Fluids and Structures. 2021. doi:10.1016/j.jfluidstructs.2021.103254
19. Юдаев В. Ф. Эффективность импульсного воздействия на интенсификацию технологических процессов. // Хранение и переработка сельхозсырья, № 4. 2009. С. 39-41.
20. Yasui K., Tuziuti T., Kanematsu W. // Extreme conditions in a dissolving air nanobubble. PHYSICAL REVIEW E. 2016. 94(1). doi:10.1103/PhysRevE.94.013106

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Об авторах:

Пашко Павел Борисович, инженер, ООО «ПИК МАЙНИНГ (127015, город Москва, Большая Новодмитровская улица, дом 36 строение 12, ант 1 эт / п II / к 4 / рм 36), pashko.pb@gmail.com

Яблонев Александр Львович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Торфяные машины и оборудование», Заведующий кафедры «Гидравлика, теплотехника и гидропривод», Тверской государственного технического университета (170026 г. Тверь, наб. А.Никитина, д. 22), alvovich@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Пашко П.Б. - постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Яблонев А.Л. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-1-28-35

Pavel B. Pashko^{1*}, engineer, **Alexander L. Yablonev²**, Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor

¹ PIK MINING LLC

² Tver State Technical University

*E-mail: pashko.pb@gmail.com

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE DISPERSANT FOR THE PREPARATION OF THE EMULSION OF POWER ROOF SUPPORTS



Article info

Received:

02 September 2021

Accepted for publication:

20 January 2022

Accepted:

15 February 2022

Keywords: powered roof supports, emulsion, dispersants, specific characteristics, cavitation

Abstract.

The article substantiates the relevance of returning to the use of dispersants for the preparation of the emulsion of powered roof supports in some cases, as a reserve in case of failure of the supply of soluble emulsifier and when using of powered roof supports with a small residual resource, for example, in the conditions of the DPR and LPR. A new design and calculation algorithm for a rotary apparatus with flow modulation of the hydrodynamic dispersant type is proposed. It is proposed to take into account and control the volume content of free air in the treated liquid, which has not been used before. The dependence of the optimal number of acoustic cavitation on the free air content is established. Dependences for determining the geometric parameters of the holes of the rotor and stator nozzles are proposed. The established dependencies allow us to create a dispersant for obtaining a highly dispersed emulsion.

For citation: Pashko P.B., Yablonev A.L. Calculation of the parameters of the dispersant for the preparation of the emulsion of power roof supports. Mining Equipment and Electromechanics, 2022; 1(159):28-35 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-1-28-35

REFERENCES

1. Gao V., Liu D., X. Zhang X., He M. Analysis and optimization of entry stability in underground long wall mining. *Sustainability*. 2017; 9(11): 2079.

2. Finkelstein Z. L. Application and cleaning of working fluids for mining machines. M.: Nedra, 1986. 232 p.

3. Tian Cong, Wei Xiwen, Zheng Yi. The Intelligent Control of Emulsion Pump Station. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1881, The 2nd International Conference on Computing and Data Science (CONF-CDS). 2021, Stanford, United States Citation Cong Tian et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1881 022044.

4. Nawrocki T. L., Jonek-Kowalska J. Assessing operational risk in coal mining enterprises - Internal, industrial and international perspectives. *Resources Policy*. 2016; 48:50-67.

5. MINISTRY OF COAL AND ENERGY OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC - http://mintekdnr.ru/news/shakhtery_doneckoj_respubliki_dobyli_bolee_500_tys_tonn_uglja/2020-02-03-2263

6. MINISTRY OF FUEL, ENERGY AND COAL INDUSTRY OF THE LUGANSK PEOPLE'S REPUBLIC - <https://mintop.su/news/2021/04/2-milliona-tonn-uglja-dobyli-shahtjory-gup-lnr-rtk-vostokugol-s-nachala-goda>

7. Yudaev V. F. Hydromechanical processes in rotary apparatus with modulation of the flow section of the processed medium. *Theor. fundamentals of chem. technol.* 1994; 28(6):581-590.

8. Worms V. M. Cavitation phenomena in a gas-liquid medium / Chervyakov V.M., Yudaev V.F. *Problems of mechanical engineering and automation*. 2004; 4:73-77.

9. Worms V. M., Yudaev V. F. Hydrodynamic and Cavitation Phenomena in Rotary Apparatus: Monograph. - M.: «Publishing house of mechanical engineering – 1», 2007. 128 p.

10. Aglomazov A. L., Yudaev V.F. The intensity of the dispersion process. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2016; 11:9-13.

11. Aglomazov A. L., Yudaev V. F. The speed of the technological process of emulsification. *Natural and technical sciences*. 2016; 11:266-269.

12. Altay N. R., Sadaghiani A. K., Sevgen M. I., Şişman A., Koşar A. Numerical and experimental studies on the effect of surface roughness and ultrasonic frequency on bubble dynamics in acoustic cavitation. *Energies*. 2020; 13(5).

13. Wu P., Bai L, Lin W, Wang X. Mechanism and dynamics of hydrodynamic-acoustic cavitation (HAC). *Ultrasonics Sonochemistry*. 2018; 49. doi: 10.1016/j.ultsonch.2018.07.021

14. Gavrilov L. R. The content of free gas in liquids and methods of its measurement // In the book. Physics and technology of powerful ultrasound. 3. Physical foundations of ultrasonic technology. M. : Science. 1970.

15. Yudaev V. F. Transient regime of fluid flow through the modulator of the rotary apparatus. *Building materials, equipment, technologies of the 21st century*. 2002; 12:27.

16. Latiev B. V., Nazarenko A. F., Pokora I. N. Research of hydrodynamic sirens in order to optimize their parameters. In the book: Technological application of acoustic vibrations in non-ferrous metallurgy: abstracts. Respublikansky N.T.S. Tashkent 10-13 October 1972 Tashkent. 1972. p. 75-77.

17. Balabyshko A. M., Yudaev V. F. Rotary devices with flow modulation and their application in industry. M.: Nedra. 1992. 176 p.

18. Penga Yu-Xiang, Zhanga A-Man, Wang Shi-Ping. Coupling of WCSPH and RKPM for the simulation of incompressible fluid-structure interactions. *Fluids and Structures*. 2021. doi: 10.1016/j.jfluidstructs.2021.103254

19. Yudaev V. F. The effectiveness of impulse action on the intensification of technological processes. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2009; 4:39-41.

20. Yasui K., Tuziuti T., Kanematsu W. Extreme conditions in a dissolving air nanobubble. *PHYSICAL REVIEW E*. 2016; 94(1). doi:10.1103/PhysRevE.94.013106

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Pavel B. Pashko, engineer, PIK MINING LLC, (127015, Moscow city, Bolshaya Novodmitrovskaya street, house 36, building 12, ant 1 floor / p II k / k 4 / rm 36), pashko.pb@gmail.com

Alexander L. Yablonev, Associate Professor of the Department of Automation of Technological Processes and Production, St. Petersburg Mining University, (Tver, nab. A.Nikitina 22), alvovich@mail.ru

Contribution of the authors:

Pavel B. Pashko – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

Alexander L. Yablonev – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.