
УДК 532.542.4:532.771, 614.84

Решение проблем экологической безопасности и энергосбережения путём применения в гидравлических системах флоковых покрытий с гидродинамически-активными наполнителями

Дмитренко Н.А., Симоненко А.П.

В статье рассматриваются задачи решения проблем экологической безопасности и энергосбережения путём применения в различных гидравлических системах флоковых покрытий с водорастворимыми гидродинамически-активными полимерными наполнителями. Кроме этого здесь же рассматривается вариант повышения эффективности использования флоковых покрытий за счёт применения в качестве основных компонентов их наполнителя смеси гидродинамически-активных добавок, например, высокомолекулярного полимера с линейной структурой макромолекул и гидродинамически-активных ассиметричных твёрдых частиц (АТЧ) – синтетических и природных волокон. Намываемые из наполнителей флоковых покрытий растворы характеризуются сниженным гидродинамическим сопротивлением турбулентного трения (ГСТТ) в напорных трубопроводах, величина которого может достигать 80%. Флоковые покрытия с гидродинамически-активными наполнителями могут применяться для повышения эффективности работы централизованных и мобильных установок водяного пожаротушения и аварийного откачивания воды, снижения гидравлических потерь в канализационных системах при их перенаполнении, а также для улучшения технических характеристик гидроразрезающих и гидроразрушающих машин, в которых высокоскоростные струи жидкостей используются в качестве рабочего инструмента.

Ключевые слова: флоковые покрытия, гидродинамически-активные наполнители, водные растворы, снижение гидродинамического сопротивления, экология, энергосбережение.

Solution of the problems of ecological safety and energy saving by use the flocking-coatings of hydrodynamically-active fillers in hydraulic systems

Dmitrenko N.A., Simonenko A.P.

Многочисленными исследованиями различных авторов установлено, что введение в турбулентные потоки жидкостей микродобавок растворимых высокомолекулярных полимеров, с линейной структурой макромолекул, приводит к существенному уменьшению ГСТТ в напорных трубопроводах. Так, например, введение в воду $5 \cdot 10^{-5} \dots 10^{-2}$ вес.% высокомолекулярного полиэтиленоксида (ПЭО) или полиакриламида (ПАА) с молекулярной массой 1,2...6,0 млн., снижает величину её ГСТТ на прямолинейных участках труб в 3...5 раз. Использование этого явления (при величинах эффекта ГСТТ на 10...80%) открывает перспективы повышения эффективности работы гидравлических систем по одному из по-

казателей: либо уменьшить потребляемую перекачиваемыми насосами мощность на 10...80%, либо увеличить длину прямолинейных участков трубопроводов в 1,1...5,0 раз, либо уменьшить внутренний диаметр труб на 2,0...28,0%, либо увеличить расход подаваемой по трубопроводу жидкости в 1,05...2,24 раза [1-3]. Следует отметить, что уменьшать ГСТТ могут также ассиметричные твёрдые частицы (АТЧ), например, синтетические и природные волокна [3].

Применение явления снижения ГСТТ на практике сдерживается трудоёмким и длительным во времени процессом приготовления однородных растворов ПЭО и ПАА, который предполагает использование громоздкого

оборудования. Кроме этого в процессе приготовления и хранения растворов уменьшается молекулярная масса полимеров, что является причиной снижения их гидродинамической активности.

В связи с вышеизложенным в последние годы интенсивно проводятся исследования по созданию различных водорастворимых полимерных композиций (ВПК) и генераторов приготовления из них растворов. При этом особое внимание уделяется увеличению скорости растворения полимеров и сохранению ими первоначальной молекулярной массы.

К одним из первых публикаций, посвящённых практическому применению гидродинамически-активных ВПК в энергосбережении и экологии, являются монографии [4, 5] в которых показаны преимущества применения композиций по сравнению с заранее приготовленными однородными полимерными растворами, и определены преимущественные области их практического применения. К наиболее перспективным, с точки зрения практического применения, следует отнести: жидкие водорастворимые полимерные композиции (ЖВПК) – равноплотные тонкодисперсные суспензии и пасты, флоковые покрытия с водорастворимыми полимерными наполнителями и твёрдые водорастворимые полимерные композиции (ТВПК) в виде ультра-слабых быстрорастворимых полимерных покрытий и полимерных брикетов, получаемых путём холодного прессования тонкодисперсных порошков ПЭО и наполнителей.

Особое место среди гидродинамически-активных композиций занимают флоковые покрытия с водорастворимыми полимерными наполнителями, применение которых для решения проблем экологической безопасности и энергосбережения отличается доступностью, простотой в реализации и не требует существенных конструкторских изменений гидрав-

лических систем, в которых они будут применены.

При этом следует отметить, что в зависимости от содержания гидродинамически-активных добавок в намываемых растворах флоковые покрытия могут использоваться либо в проточных кассетах, которые устанавливаются непосредственно в систему трубопроводов или в рукавные линии, либо для приготовления концентрированных растворов в проточных генераторах с последующей их подачей в трубопроводы.

Цель настоящей работы заключается в определении преимущественных областей применения флоковых покрытий с гидродинамически-активными наполнителями, при решении проблем экологической безопасности и энергосбережении, а также создании наполнителей на основе смеси высокомолекулярного полимера и АТЧ – синтетических и природных волокон.

Гидродинамически-активные полимеры и волокна по-разному воздействуют на турбулентность при течении жидкостей в трубах. Высокомолекулярные полимеры, в основном, влияют на структуру турбулентных потоков в пристенной области, уменьшая интенсивность процесса турбулентного переноса импульса. В то же время АТЧ (волокна) оказывают влияние на турбулентность по всему сечению потока, включая его ядро. Поэтому следует ожидать, что растворы наполнителей, в состав которых входят гидродинамически-активные полимеры и волокна, будут характеризоваться повышенным снижением ГСТТ [3].

Флоковые материалы представляют собой капроновые ворсинки высотой 0,5...1,5 мм, которые наносят электрофлокуляцией на покрытые клеевыми составами металлические или пластмассовые поверхности.

Перед использованием, в целях уменьшения ГСТТ, флоковые покрытия пропитывают

полимерными наполнителями – тонкодисперсными полимерными суспензиями, которые вымываются в виде растворов либо потоком, омывающим обтекаемую поверхность движущегося в воде объекта, либо (в случае использования в составе генератора приготовления растворов потоком воды, которая подаётся в генератор принудительным способом.

В сравнении с ультра-слабыми быстрорастворимыми полимерными покрытиями, которые наносятся на омываемую поверхность с использованием лакокрасочных материалов или нагревом полимерной суспензии в литьевых формах, и которые также могут использоваться в проточных генераторах приготовления растворов [4, 5], флоковые покрытия имеют ряд преимуществ, к основным из которых следует отнести:

- увеличение количества полимерного материала, который наносится на твёрдую поверхность;
- повышение концентрации полимера в намываемом растворе за счёт большой площади поверхности ворсинок, что дополнительно увеличивает общую площадь поверхности, с которой вымывается полимерный материал;
- длина, плотность нанесения и угол наклона ворсинок к омываемой поверхности позволяют регулировать скорость перехода полимера в растворённом виде в водный поток;
- в качестве водорастворимых полимерных наполнителей могут быть применены суспензии ПЭО и ПАА различного назначения, в т.ч. и те, которые рекомендуются для использования в пожаротушении, уменьшения выделения дурно-пахнущих газов из навозных стоков, улучшения геометрических и динамических параметров высокоскоростных струй гидроразрезающего и гидроразрушающего оборудования [6].

В настоящей работе рассмотрены варианты использования флоковых покрытий в составе проточных генераторов приготовления растворов из полимерных наполнителей, содержащих высокомолекулярный ПЭО и смесь этого полимера с асбестовыми волокнами.

В процессе проведения конструкторских и технологических работ установлено, что наиболее простым в изготовлении и применении является генератор, активный элемент которого – армирующая вставка с флоковым покрытием, представляющая собой набор плоскопараллельных пластин (общая поверхность массосъёма которых равна $0,42 \text{ м}^2$), размещённых на расстоянии 3 мм друг от друга и скреплённых шпильками в пакет. Такой пакет размещается в корпусе генератора, к которому через патрубок с одной стороны подаётся вода, а с другой – отводится полученный путём размывания наполнителя полимерный раствор.

Испытания работоспособности проточного генератора и оценка гидродинамической эффективности полученных намыванием растворов проводились на гидравлическом стенде, принципиальная схема и описание работы которого приведены в работе [7].

На рис.1 приведена зависимость величины эффекта снижения ГСТТ $\Delta\lambda/\lambda, \%$ на контрольном участке трубопровода от времени активной работы генератора t , мин., наполнителем флокового покрытия которого была равноплотная суспензия ПЭО в дисперсной среде – смеси глицерина с водой.

Из рисунка видно, что на протяжении первых 30 минут раствор ПЭО, который вымывается из флокового покрытия, характеризуется существенным уменьшением ГСТТ (значение величины $\Delta\lambda/\lambda, \%$ в этом промежутке времени равно 46...55%). Начиная с 30 мин. величина $\Delta\lambda/\lambda, \%$ постепенно уменьшается, на 60 мин. с начала проведения эксперимента она равна 17,5%, а на 120 мин. – нулю.

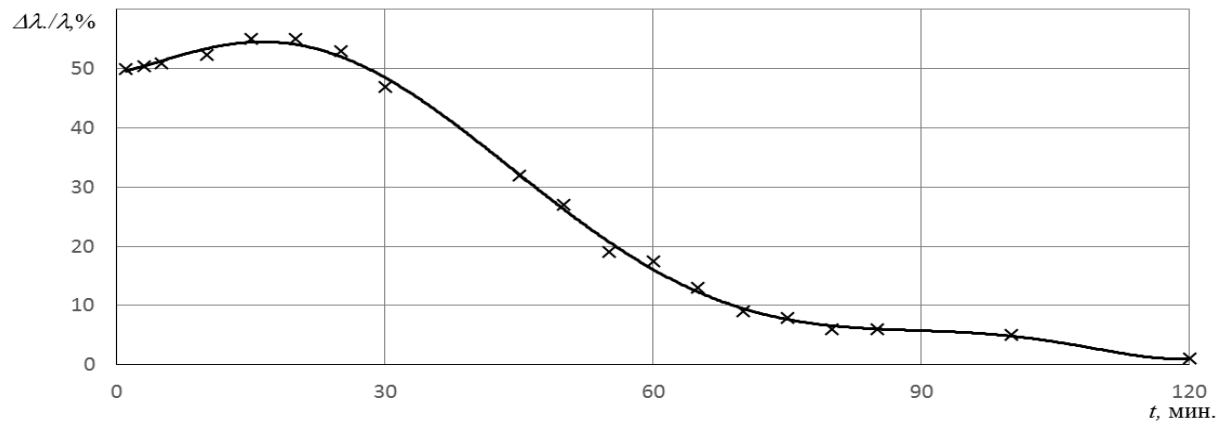


Рис.1. Зависимость величины эффекта снижения ГСТТ $\Delta\lambda/\lambda, \%$ от времени активной работы генератора с флоковым покрытием t , мин. Полимерный наполнитель флокового покрытия – тонкодисперсная суспензия порошка ПЭО с молекулярной массой $4,5 \times 10^6$ в смеси глицерина с водой плотностью $1,22 \text{ г/см}^3$. Размер полимерных частиц $\leq 63 \text{ мкм}$.

Использование в качестве наполнителя смеси высокомолекулярного ПЭО и волокон асбеста не изменило времени активной работы флокового покрытия, однако, на протяжении первых 30 минут величина эффекта снижения ГСТТ была в среднем на 11% выше.

Приведённые авторами экспериментальные исследования показали большие перспективы практического применения флоковых покрытий с гидродинамически-активными наполнителями при решении проблем энергосбережения и экологии. При этом в качестве наполнителя флоковых покрытий можно использовать полимерные суспензии различных составов, в т.ч. и суспензии специального назначения.

Литература

1. *Liberanore M.W., Pollauf E.J., McHungh A.J.J.* Shear-induced structure formation is solutions of drag reducing polymers // *Non-Newton. Fluid Mech*, Vol. 113, No. 2-3, 2003. – P. 193-208.
2. *Корнилов В.И.* Проблемы снижения турбулентного трения активными и пассивными методами (обзор) // *Теплофизика и аэромеханика*, Т. 12, № 2, 2005. – С. 183-208.
3. *Пилипенко В.Н.* Влияние добавок на пристенные турбулентные течения // *Итоги науки*

и техники. ВИНТИ. Механика жидкости и газа, Т. 15, 1980. – С. 156-257.

4. *Ступин А.Б., Симоненко А.П., Асланов П.В.* Гидродинамически-активные композиции в энергосбережении и экологии. – Донецк: ДонГУ, 2001. – 173 с.

5. *Ступин О.Б., Симоненко О.П., Сердюк О.И., Фоменко С.О.* Спосіб приготування лакофарбних матеріалів для отримання водорозчинного покриття на основі політиленоксиду: Патент України на корисну модель №67756 МПК СО8К 5/01 (2006.01); Заявл. 16.06.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл. №5.

6. Проблемы экологии и техногенно-экологической безопасности: Монография. Под общ. ред. д.т.н., проф. *Ступина А. Б.* – Донецк: ДонГУ, 2010. – 503 с.

7. *Симоненко А.П.* Повышение эффективности работы мобильных установок аварийной откачки воды добавками гидродинамически-активных полимерных композиций // *Збірник «Вісник НУВІП»*, м. Рівне, № 1 (57) сер. техн. науки., 2012. – С. 41-47.

References

1. *Liberanore M.W., Pollauf E.J., McHungh A.J.J.* Shear-induced structure formation is solutions of drag reducing polymers // *Non-Newton. Fluid Mech*, Vol. 113, No. 2-3, 2003. – P. 193-208.
2. *Kornilov V.I.* Problemy snizhenija turbulentnogo trenija aktivnymi i passivnymi

metodami (obzor) [Reduction of turbulent friction active and passive methods (review)] // *Теплофизика и аэромеханика* [Thermophysics and Aeromechanics], Vol. 12, № 2, 2005. – P. 183-208.

3. *Pilipenko V.N.* Vlijanie dobavok na pristennye turbulentnye techenija [Influence of additives on the near-wall turbulent flows] // *Itogi nauki i tehniki VINITI. Mekhanika zhidkosti i gaza* [The results of science and technology VINITI. Fluid Mechanics], Vol. 15, 1980. – P. 156-257.

4. *Stupin A.B., Simonenko A.P., Aslanov P.V.* Gidrodinamicheski-aktivnye kompozicii v jenergosberezhenii i jekologii [Hydrodynamic-active composition in energy saving and ecology]. – Doneck: DonGU, 2001. – 173 s.

5. *Stupin O.B., Simonenko O.P., Serdjuk O.I., Fomenko S.O.* Sposib prigotuvannja lakofarbnih

materialiv dlja otrimannja vodorozchinnogo pokrittja na osnovi politilenoksidu [Preparation of paints for a water-soluble coating based polytylenoksid]: Ukrain Patent №67756 MPK SO8K 5/01 (2006.01); Zajavl. 16.06.2011; opubl. 12.03.2012, Bjul. №5.

6. Problemy jekologii i tehnogenno-jekologicheskoy bezopasnosti: Monografija [Problems of Ecology and technogenic safety ekologicheskoy: monograph]. Ed. prof. *Stupin A. B.* – Doneck: DonNU, 2010. – 503 p.

7. *Simonenko A.P.* Povyshenie jeffektivnosti raboty mobil'nyh ustanovok avarijnoj otkachki vody dobavkami gidrodinamicheski-aktivnyh polimernyh kompozicij [Improving the efficiency of the emergency mobile units pumping water additives hydrodynamically-active polymer compositions] // *Visnik NUVPG, Rivne*, № 1 (57), 2012. – P. 41-47.

Статья поступила в редакцию 6 декабря 2015 г.

Дмитренко Никита Александрович – научный сотрудник кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха, Донецкий национальный университет, г. Донецк, Донецкая народная республика. E-mail: zan.nikita@gmail.com

Симоненко Александр Петрович – доктор технических наук, с.н.с., профессор кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха, Донецкий национальный университет, г. Донецк, Донецкая народная республика. E-mail: sap2012@rambler.ru

Dmitrenko Nikita Aleksandrovich – Researcher, Donetsk National University, Donetsk, Donetsk People's Republic. E-mail: zan.nikita@gmail.com

Simonenko Aleksandr Petrovich – Professor, Donetsk National University, Donetsk, Donetsk People's Republic. E-mail: sap2012@rambler.ru