

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КАВИТАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

М.А. Промтов

Кафедра «Машины и аппараты химических производств», ГОУ ВПО «ТГТУ»

Представлена членом редколлегии профессором Н.Ц. Гатаповой

Ключевые слова и фразы: диспергирование; кавитация; растворение; экстрагирование; эмульгирование.

Аннотация: Проведен анализ кавитационного воздействия на жидкость. Показано, что кавитация существенно интенсифицирует многие химико-технологические процессы в жидкостях. Приведены примеры применения кавитационных технологий для интенсификации гидромеханических и массообменных процессов, деструкции веществ.

Одним из эффективных методов интенсификации химико-технологических процессов (ХТП) в жидкостях является кавитационное воздействие на обрабатываемую среду [1–20]. Кавитация представляет собой средство локальной концентрации энергии низкой плотности в высокую плотность энергии, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков. В фазе разрежения акустической волны или за счет местного понижения давления при обтекании твердого тела, в жидкости образуются каверны (кавитационные пузырьки), которые заполняются насыщенным паром данной жидкости. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения каверна захлопывается, а пар конденсируется на границе раздела фаз. Через стены каверны в нее диффундирует растворенный в жидкости газ, который затем подвергается сильному адиабатическому сжатию.

В момент схлопывания кавитационной каверны, давление и температура газа локально могут достичь значительных величин (по расчетным данным до 100 МПа и до 10000 К соответственно) [16]. После схлопывания каверны в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве. При генерировании импульсных растягивающих напряжений в жидкости, присутствующие в ней зародыши кавитации (устойчивые паровые и газовые пузырьки малых размеров) начинают расти, образуя кавитационный кластер, форма и размеры которого определяются начальным спектром размеров кавитационных зародышей, характером прикладываемого напряжения и граничными условиями.

В кавитационную каверну могут проникать пары жидкости, растворенные газы, а также вещества с высокой упругостью пара и не могут проникать ионы или молекулы нелетучих растворенных веществ. Выделяющейся в процессе схлопывания каверны энергии достаточно для возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды, газов и веществ с высокой упругостью пара внутри кавитационной каверны.

Эрозия твердого тела (разрушение поверхности), очистка поверхностей, диспергирование твердых частиц, растворение, экстрагирование, эмульгирование

гомогенизация, пенообразование осуществляются, в основном, за счет двух характерных проявлений кавитации: ударных волн и кумулятивных струек, образующихся при схлопывании кавитационных пузырьков.

Кумулятивные струйки разрушают поверхностные слои и поверхность твердого тела за счет кинетической энергии жидкости. Мелкие частицы твердого тела, размеры которых соизмеримы с поперечным сечением кумулятивных струй, увлекаются ими и дают дополнительный вклад в процесс разрушения поверхностных слоев и самих твердых частиц, находящихся в жидкости.

В промышленности для кавитационного воздействия на жидкость используются гидродинамические, электродинамические, пьезоэлектрические, магнитострикционные и механические генераторы кавитации.

В ультразвуковом диапазоне наиболее распространены пьезоэлектрические и магнитострикционные генераторы кавитации. В этих электроакустических преобразователях используется прямой магнитострикционный и пьезоэлектрический эффект в переменных магнитных и электрических полях. Диапазон частот возбуждения преобразователей является очень широким (от 8 до 44 кГц и выше). Ультразвуковые колебания от преобразователя передаются к обрабатываемым веществам через специальные трансформирующие и согласующие устройства (концентраторы, пластины и др.), заканчивающиеся излучающей поверхностью [8, 20].

Принцип действия импульсного электроразрядного излучателя основан на электрогидравлическом эффекте, заключающемся в генерации ударных волн в жидкости при ее пробое. Протекание электрического разряда в жидкости (электрогидравлического удара) вызывает сложный комплекс явлений: ионизацию и разложение молекул в плазме канала и возле него, световое излучение канала разряда, ударные волны, интенсивное ультразвуковое излучение, образование и пульсацию газового пузыря, кавитационные процессы, импульсные магнитные поля [21–24].

В гидродинамических кавитаторах типа роторных импульсных аппаратов, в основном, реализуется гидродинамическое и акустическое воздействие в жидкости за счет развитой турбулентности, пульсаций давления и скорости потока жидкости, интенсивной кавитации, ударных волн и вторичных нелинейных акустических эффектов [17–19, 25]. При вращении ротора, его каналы периодически совмещаются с каналами статора. Скорость потока жидкости в канале статора является переменной величиной. При распространении в канале статора импульса избыточного давления, вслед за ним возникает кратковременный импульс пониженного давления, инерционные силы создают растягивающие напряжения в жидкости, что вызывает кавитацию.

В резонансных гидродинамических генераторах используется возбуждение колебаний резонирующих элементов в виде пластин, стержней или мембран набегающей струей жидкости [1]. Колебания резонирующих элементов создают акустическое поле излучателя. Наиболее распространенной модификацией таких излучателей являются пластинчатые излучатели с консольным или двухточечным креплением вибрирующей пластины. Струя, вытекающая с большой скоростью из конусно-цилиндрического или щелевого сопла, попадает на пластину с клиновидным краем. При этом происходит срыв струи, и возникают вихревые пульсации и кавитация.

Аналогичный принцип превращения кинетической энергии струи в энергию акустических колебаний используют в многостержневых гидродинамических излучателях. Струя круглого сечения, вытекающая из сопла, ударяется в лункообразный отражатель и веерообразно расходится, попадая на заостренные выступы стержней, закрепленных по цилиндрической образующей параллельно оси сопла.

Происходит возбуждение колебаний стержней, которые создают в окружающей среде достаточно мощное звуковое поле. При использовании конусно-цилиндрического сопла и отражателя с лункой, близкой по форме к параболоиду вращения между торцами сопла и отражателя, формируется пульсирующая кавитационная область, определяющая параметры образующегося акустического поля.

Суперкавитирующие гидродинамические устройства по принципу работы разделяются на: динамические – с вращающимися рабочими органами, в основном лопастными; статические – с неподвижными рабочими органами; струйные – со струйными кавитаторами; комбинированные – состоящие из различных комбинаций первых трех типов [5, 6]. Рабочие органы таких аппаратов устанавливаются в специально спрофилированных проточных участках (например, труба Вентури).

Сочетание кавитационных генераторов различного типа может усилить эффект кавитации. Благоприятно сказывается генерирование колебаний с разными частотами, отличающимися друг от друга на порядок и выше [8]. Это обусловлено тем, что для возбуждения зародыща кавитации определенного радиуса необходимо генерировать колебания на определенной частоте. Чем меньше размеры зародышей кавитации, тем выше должна быть частота и тем больше должно быть акустическое давление, вызывающее кавитацию.

Если генераторы кавитации работают на различных частотах, и прохождение жидкости через них осуществляется последовательно, то жидкость должна сначала проходить через генератор с большей частотой, а затем через генератор с меньшей частотой. В генераторе с высокой частотой возбуждаются зародыши кавитации наименьшего размера, которые быстро увеличиваются. Эти кавитационные пузырьки служат зародышами кавитации в генераторе с низкой частотой и увеличиваются в размере еще больше, что приводит к увеличению импульсов кавитационного давления.

Кавитационное воздействие на жидкость позволяет получать высококачественные технологические, пищевые и биологически активные растворы экстрактов, эмульсии и суспензии [1–6, 17–20, 25–29]. К таким системам относятся овощные и фруктовые соки, пюре, пасты, майонезы, гомогенизированное и восстановленное молоко, йогурты, мази, кремы, системы, содержащие биологически активные вещества (пектин, танин, аминокислоты, вытяжки и экстракты), водотопливные эмульсии и суспензии, лакокрасочные материалы и т.п.

Кавитация используется для гомогенизации и пастеризации молока. Кавитационное воздействие не только способствует повышению дисперсности эмульсии, но и уничтожает вредные микроорганизмы. При обработке молока при температуре 70 °С общее микробное число снижается в 10^3 – 10^5 раз. При этом происходит полное уничтожение вегетативных форм дрожжей и плесеней, а также патогенных микроорганизмов группы кишечной палочки и нейтрализация фосфатазы. Такая обработка позволяет увеличить сроки хранения молока при температуре 9...12 °С в неасептической упаковке не менее 5 суток без признаков его скисания.

Кавитационное воздействие эффективно используется для интенсификации процессов растворения и экстрагирования, например, пектина, каротина, танина и других ценных веществ из биомассы. Кавитация изменяет свойства водных растворов и гидрогелей полисахаридов: крахмала, амилопектина, альгината натрия, хитозана, натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы и т.п. [1–6, 17–20, 25–29]. Многие лекарственные вещества получают методами экстрагирования сырья растительного и животного происхождения. Применение кавитационных технологий позволяет повысить качество мягких лекарственных форм суспензионного и эмульсионного типов [25].

Перспективным направлением в энергетике является использование дисперсионно-топливных систем [5, 6]. Кавитационное воздействие служит эффектив-

ным средством для получения водо-угольных суспензий и угольно-масляных паст. Использование качественных угле-мазутных суспензий позволяет уменьшить расход мазута на 20–25 %. Сжигание угле-мазутных и водо-угольных суспензий позволяет снизить вредные выбросы (CO_x , NO_x), утилизировать угольный шлак, снизить себестоимость получения тепловой и электрической энергии [30].

В высоковязких мазутах содержится вода в виде отдельных местных скоплений. Использование в качестве топлива специально приготовленных водо-мазутных эмульсий является одним из эффективных методов, позволяющих решить эту проблему [18, 30–35]. При сжигании водо-мазутных эмульсий получают существенный экономический эффект, повышение КПД на 3–5 % и снижение эмиссии загрязняющих веществ (CO , сажи, окислов азота, бензапирена и других канцерогенных полициклических ароматических углеводородов) в атмосферу.

Кавитационная обработка водо-мазутной эмульсии с добавлением кальция, и ее последующее сжигание, позволяет уменьшить в дымовых газах концентрацию окислов азота в 2–5 раз, концентрацию сернистого ангидрида – в 2–3 раза, оксида углерода – в 2–2,5 раза. Происходят глубокие структурные изменения в молекулярном составе углеводородов, повышение степени дисперсности асфальтенов, карбенов, карбонидов до размерного ряда частиц 2...3 мкм. Длинные молекулярные цепи преобразовываются в легкие углеводородные радикалы газовых, дисциллированных топливных фракций.

Наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивает добавление в топливо 10–15 % воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %. Обеспечивается возможность сжигания некондиционных высоковязких и обводненных мазутов. В качестве водной фазы можно использовать загрязненные промышленные стоки предприятий.

Кавитационное воздействие на нефть и нефтепродукты позволяет увеличить выход легколетучих фракций при атмосферной перегонке [36–42]. Применяя кавитационную обработку из тяжелой нефти можно получить 20–30 % бензина, 40–50 % дизельного топлива, 20–30 % мазута, битума и других тяжелых товарных продуктов. Кавитация ускоряет диффузию нефти в полости парафина, интенсифицирует процесс его разрушения. Ускорение растворения парафина идет за счет интенсификации перемешивания нефти на границе нефть–парафин и действия импульсов давления, которые как бы разбрызгивают частицы парафина. Кавитация разрывает непрерывную цепочку, разрушая связи между отдельными частями молекул, влияет на изменение структурной вязкости, то есть на временный разрыв ван-дер-ваальсовых связей. Под воздействием кавитации большой интенсивности на протяжении длительного времени нарушаются С–С-связи в молекулах парафина, вследствие чего происходят изменения физико-химического состава (уменьшение молекулярного веса, температуры кристаллизации и др.) и свойств нефтепродуктов (вязкости, плотности, температуры вспышки и др.). В процессе импульсной кавитационной обработки нефти и нефтепродуктов энергия, выделяющаяся при схлопывании кавитационных пузырьков, используется для разрыва химических связей между атомами больших молекул углеводородных соединений.

Энергия диссоциации связи С–Н колеблется в зависимости от молекулярной массы и структуры молекулы в пределах 322...435 кДж/моль, энергия диссоциации связи С–С – 250...348 кДж/моль. При разрыве связи С–Н от углеводородной молекулы отрывается водород, при разрыве связи С–С углеводородная молекула разрывается на две неравные части. При кавитационной обработке углеводородного сырья происходит деструкция молекул, вызванная микрокрекингом молекул и процессами ионизации. В результате протекания этих процессов в системе на-

капливаются «активированные» частицы: радикалы, ионы, ионно-радикальные образования [41, 42].

Кавитационное воздействие на мазут позволяет снизить вязкость на 20–30 %, увеличить температуру вспышки на 5–10 %. После кавитационной обработки в мазуте образуется до 35 % дизельного топлива (температура отгонки 250...290 °С). Экспериментальные исследования показали, что нефть, обработанная в кавитационном генераторе, начинает перегоняться под атмосферным давлением при температуре ниже на 10...15 °С, чем необработанная нефть, 50 % необработанной нефти перегоняется при температуре 328 °С, а 50 % обработанной нефти перегоняется при температуре 265 °С под атмосферным давлением, что ниже на 63 °С [36, 37].

Экспериментальные исследования по импульсной кавитационной обработке рапсового и подсолнечного масел показали, что обработанные масла имеют отличные от исходного масла физико-химические характеристики. Обработанные рапсовое и подсолнечные масла разделяются на фракции различной летучести с большим процентом выхода, отличаются от исходного пониженной вязкостью, повышенной температурой вспышки. В настоящее время активно применяются кавитационные технологии для производства биодизеля из растительных и животных масел. Кавитационная обработка реагирующих масел и метанола (этанола) позволяет повысить качество получаемого продукта, ускорить технологический процесс и снизить температуру его проведения [43].

Теплогенераторы на базе кавитационного оборудования – это новое поколение тепловых машин, преобразующих механическое и акустическое воздействия на жидкость в тепло. Нагрев теплоносителя осуществляется при преобразовании кинетической энергии жидкости в тепловую энергию за счет кавитационных и вихревых эффектов [44, 45].

Кавитационные генераторы могут также использоваться для процесса очистки от накипеобразования, различных отложений и загрязнений на внутренних поверхностях и в труднодоступных местах технологического оборудования и трубопроводов. Кавитационная обработка воды изменяет ее физико-химические свойства, увеличивает pH воды, способствует ее активации. В результате кавитационного воздействия вода временно становится активным растворителем труднорастворимых веществ без введения химических реагентов [13–17, 26].

Одной из проблем при получении силикатно-масляных смазок является приготовление состава с высокой стабильностью. Использование кавитационной обработки для получения силикатного масла для редуكتورных механизмов показало его высокую эффективность. Использование кавитации для получения смазочно-охлаждающих жидкостей способствует повышению их качества, а также снижает энергозатраты в процессе их производства. Размер частиц дисперсной фазы получаемых смазочно-охлаждающих жидкостей достигает 1 мкм, что позволяет уменьшить расход режущего инструмента, повысить качество обработки поверхности, уменьшить коррозию станочного оборудования [17].

Цементно-водная суспензия, подвергнутая кавитационной обработке и добавленная в бетонную смесь, повышает прочность на сжатие и растяжение изделий из бетона. Использование кавитации для получения устойчивых и высокодисперсных эмульсий и паст, вводимых в бетон, позволяет увеличить прочность бетона на 15–20 % [17].

Для получения железобетона с высокими эксплуатационными свойствами для строительных, морских и других сооружений проводят химизацию бетона комплексными добавками. В качестве комплексных добавок смесей из гидрофобилизирующих поверхностно-активных веществ, применяют коллоидную парафиновую пасту. Она представляет собой комплексное соединение двух различных по своей химической природе веществ – воды (полярного растворителя) с парафином

(неполярным гидрофобным веществом). Для создания устойчивой системы «парафин – вода» необходима интенсивная обработка, которая достигается при кавитационном воздействии. После обработки парафиновую пасту вводят в бетономешалку вместе с другими компонентами. При температуре около 60 °С частицы парафина переходят в вязко-текучее состояние, заполняя капилляры и поры бетона. При остывании бетона парафин возвращается в первоначальное состояние, придавая бетону водостойкость. Объемная гидрофобизация бетона частицами парафина снижает водопоглощение на 40–50 %, повышает его коррозионную стойкость и долговечность в условиях воздействия жидких агрессивных сред [17].

Можно и дальше приводить примеры эффективности кавитационного воздействия на обрабатываемые жидкости. Области применения кавитации в различных технологических процессах очень широки. Все это становится возможным за счет концентрации энергии в пространстве и во времени, как это происходит при коллапсе кавитационного пузыря.

Список литературы

1. Кардашев, Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – М. : Химия, 1990. – 208 с.
2. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях / А.А. Долинский [и др.]. – К. : ИТТФ НАНУ, 1996. – 206 с.
3. Промтов, М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества : учеб. пособие / М.А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 136 с.
4. Новицкий, Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б.Г. Новицкий. – М. : Химия, 1983. – 192 с.
5. Федоткин, И.М. Использование кавитации в технологических процессах / И.М. Федоткин, А.Ф. Немчин. – К. : Вища шк., 1984. – 68 с.
6. Федоткин, И.М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. II / И.М. Федоткин, И.С. Гулый. – Киев : ОКО, 2000. – 898 с.
7. Тепло- и массообмен в звуковом поле / Накоряков В.Е. [и др.]. – Новосибирск : Ин-т теплофизики СО АН СССР, 1970. – 254 с.
8. Основы физики и техники ультразвука : учеб. пособие для вузов / Б.А. Агранат [и др.]. – М. : Высшая школа, 1987. – 352 с.
9. Немчин, А.Ф. Новые технологические эффекты тепломассопереноса при использовании кавитации / А.Ф. Немчин // Пром. теплотехника. – 1997. – Т. 19, № 6. – С. 39–47.
10. Богданов, В.В. Эффективные малообъемные смесители / В.В. Богданов, Б.И. Христофоров, Б.А. Клоцунг. – Л. : Химия, 1989. – 224 с.
11. Young F.R. Cavitation. London, U.K. : Imperial College Press, 1999. – 418 p.
12. Leighton T.G. The Acoustic bubble. – London, U.K. : Academic Press, 1994. – 240 p.
13. Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях) : учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов / М.А. Маргулис. – М. : Высшая школа, 1984. – 272 с.
14. Suslick K.S. The chemical effects of ultrasound // Scientific American. 1989. February. – P. 80-86.
15. Витенько, Т.Н. Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду / Т.Н. Витенько, Я.М. Гумницкий // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 5. – С. 422–432.

16. Кнэпп, Р. Кавитация / Р. Кнэпп, Дж. Дейли, Ф. Хэммит. – М. : Мир, 1974. – 668 с.
17. Промтов, М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика / М.А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 260 с.
18. Балабышко, А.М. Гидромеханическое диспергирование / А.М. Балабышко, А.И. Зимин, В.П. Ружицкий. – М. : Наука, 1998. – 330 с.
19. Балабышко, А.М. Роторные аппараты с модуляцией потока и их применение в промышленности / А.М. Балабышко, В.Ф. Юдаев. – М. : Недра, 1992. – 176 с.
20. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев [и др.]. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та. – 2007. – 400 с.
21. Юткин, Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л.А. Юткин. – Л. : Машиностроение, 1986. – 253 с.
22. Наугольных, К.А. Электрические разряды в воде (гидродинамическое описание) / К.А. Наугольных, Н.А. Рой. – М. : Наука, 1971. – 190 с.
23. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / Под ред. Г.А. Гулого. – М. : Машиностроение, 1977. – 320 с.
24. Кудимов, Ю.Н. Электроразрядные процессы в жидкости и кинетика экстрагирования биологически активных компонентов. Часть 1. Ударные волны и кавитация / Ю.Н. Кудимов, В.Т. Казуб, Е.В. Голов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 253–264.
25. Балабудкин, М.А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности / М.А. Балабудкин. – М. : Медицина, 1983. – 160 с.
26. Витенько, Т.Н. Массообмен при растворении твердых тел с использованием гидродинамических кавитационных устройств / Т.Н. Витенько, Я.М. Гумницкий // Теор. основы хим. технологии. – 2006. – Т. 40, № 6. – С. 639–644.
27. Долинский, А.А. Теплофизические процессы в эмульсиях (получение, использование, утилизация) / А.А. Долинский, А.М. Павленко, Б.И. Басок. – Киев : Наукова думка, 2005. – 264 с.
28. Влияние гидроакустического воздействия на свойства растворов и гидрогелей природных полисахаридов / Н.В. Лосев [и др.] // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2007. – Т. 50, вып. 3. – С. 44–48.
29. Использование гидроакустического воздействия для диспергирования крахмальных гидрогелей / Н.В. Лосев [и др.] // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2007. – Т. 50, вып. 9. – С. 68–73.
30. Технологическое сжигание и использование топлива / А.А. Винтовкин [и др.]. – М. : Теплотехник, 2005. – 288 с.
31. Волков, А.Н. Сжигание газов и жидкого топлива в котлах малой мощности / А.Н. Волков. – Л. : Недра, 1989. – 160 с.
32. Зубрилов, С.П. Ультразвуковая кавитационная обработка топлив на судах / С.П. Зубрилов, В.М. Селиверстов, М.И. Браславский. – Л. : Судостроение, 1988. – 80 с.
33. Ивченко, В.М. Кавитационная технология / В.М. Ивченко, В.А. Кулагин, А.Ф. Немчин ; под ред. Г.В. Логвиновича. – Красноярск : Изд-во КГУ, 1990. – 200 с.
34. Кулагин, В.А. Суперкавитация в энергетике и гидротехнике / В.А. Кулагин. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2000. – 107 с.

35. Кормилицын, В.И. Подготовка мазута к сжиганию для улучшения технико-экономических и экологических характеристик котельных установок / В.И. Кормилицын, М.Г. Лысков, А.А. Румынский // Новости теплоснабжения. – 2000, № 4. – С. 19–21.
36. Промтов, М.А. Кавитационная технология улучшения качества углеводородных топлив / М.А. Промтов // Хим. и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 2. – С. 6–8.
37. Промтов, М.А. Импульсные технологии переработки нефти и нефтепродуктов / М.А. Промтов, А.С. Авсеев // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2007. – № 6. – С. 22–24.
38. Золотухин, В.А. Новая технология для переработки тяжелой нефти и осадков нефтеперерабатывающих производств / В.А. Золотухин // Хим. и нефтегазовое машиностроение. – 2004, № 10. – С. 8–11.
39. Пат. 2078116 Российская Федерация, МПК C10G15/00. Способ крекинга нефти и нефтепродуктов и установка для его осуществления / Кладов А.Ф. ; заявитель и патентообладатель Кладов А.Ф. – № 95109844/04 ; заявл. 20.04.95 ; опубл. 27.04.1997, Бюл. № 8. – 17 с.
40. Пат. 2149886 Российская Федерация, МПК C10G32/00. Способ обработки нефти, нефтепродуктов, углеводородов / Быков И.Н. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Быков И.Н. – № 99110547/04 ; заявл. 20.05.99 ; опубл. 27.05.2000, Бюл. № 15. – 8 с.
41. Влияние кавитационного воздействия на углеводородное топливо / А.Ф. Немчин [и др.] // Пром. теплотехника. – 2002. – Т. 24, № 6. – С. 60–63.
42. Нестеренко, А.И. Возможность крекинга углеводородов под действием кавитации. Количественная энергетическая оценка / А.И. Нестеренко, Ю.С. Берлиозов // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – № 6. – С. 43–44.
43. Производство и применение биодизеля : справ. пособие / А.Р. Аблаев [и др.]. – М. : АПК и ППРО, 2006. – 80 с.
44. Исследование вихревых и кавитационных потоков в гидравлических системах / Е. П. Запорожец [и др.] // Теор. основы хим. технологии. – 2004. – Т. 38, № 3. – С. 243–252.
45. Промтов, М.А. Механизмы генерирования тепла в роторном импульсном аппарате / М.А. Промтов, В.В. Акулин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2006, Т. 12, № 2А. – С. 364–369.

Prospects of Cavitation Technologies Application for Intensification of Chemical Technological Processes

M.A. Promtov

Department "Machines and Apparatuses of Chemical Production", TSTU

Key words and phrases: cavitation; dispersion; dissolution; emulsification; extruding.

Abstract: The paper studies the analysis of cavitation influence on liquid. It is shown that cavitation intensifies significantly most chemical technological processes in liquids. The examples of cavitation technologies application for intensification in hydro-mechanical and mass transfer processes and destruction of substances are given.

Perspektiven der Anwendung der Kavitationstechnologien für die Intensivierung der chemietechnologischen Prozesse

Zusammenfassung: Es ist die Analyse der Kavitationseinwirkung auf die Flüssigkeit durchgeführt. Es ist gezeigt, dass die Kavitation viele chemietechnologischen Prozesse in den Flüssigkeiten wesentlich intensiviert. Es sind die Beispiele der Anwendung der Kavitationstechnologien für die Intensivierung der hydromechanischen und Stoffaustauschprozesse, der Destruktion der Stoffe angeführt.

Perspectives de l'application des technologies de cavitation pour les processus chimiques et technologiques

Résumé: Est faite une analyse de l'action de cavitation sur le liquide. Est montré que la cavitation intensifie beaucoup de processus chimiques et technologiques dans les liquides. Sont cités les exemples de l'application des technologies de cavitation pour l'intensification des processus hydromécaniques et ceux de l'échange de masse, des substances de destruction.
