

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИИ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

Лаппо Н.М., ст. преп., Семеньков И.А., студ., Курочкин В.Г., студ.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены физические основы кавитации, применение кавитации при ультразвуковой очистке поверхностей твёрдых тел, для гомогенизации (смешивания) и отсадки взвешенных частиц в коллоидном жидкостном составе, для обработки топлива, в насосах для тушения пожаров, в отопительных теплогенераторах, в медицине.

Ключевые слова: кавитация, гомогенизация, кавитационные насосы, теплогенераторы, разрушение жировых отложений.

Кавитация – процесс образования парообразных пузырьков в толще воды, чему способствует медленное понижение водяного давления при большой скорости потока. Возникновение каверн или полостей, заполненных паром, может быть вызвано и прохождением акустической волны или излучением лазерного импульса. Замкнутые области воздуха, или кавитационные пустоты, перемещаются водой в область высокого давления, где происходит процесс их схлопывания с излучением волны ударной силы. Явление кавитации не может возникнуть при отсутствии указанных условий. При создании нужных условий молекулы газа, которые всегда присутствуют в толще воды, начинают выделяться внутрь образующихся пузырьков. Это явление проходит интенсивно, так как температура газа внутри полости достигает до 1200 °С из-за постоянного расширения и сжатия пузырьков. Газ в кавитационных полостях содержит большое число молекул кислорода и при взаимодействии с инертными материалами корпуса и других деталей теплогенератора приводит к их скорой коррозии и разрушению. Исследования показывают, что разрушительному действию агрессивного кислорода подвергаются даже инертные к этому газу материалы – золото и серебро. Кроме того, явление схлопывания воздушных полостей вызывает достаточно шума, что является нежелательной проблемой.

Явление кавитации нашло широкое применение в современной жизни. Кавитация используется при ультразвуковой очистке поверхностей твёрдых тел. Специальные устройства создают кавитацию, используя звуковые волны в жидкости. Кавитационные пузыри, схлопываясь, порождают ударные волны, которые разрушают частицы загрязнений или отделяют их от поверхности. Таким образом, снижается потребность в опасных и вредных для здоровья чистящих веществах во многих промышленных и коммерческих процессах, где требуется очистка как этап производства.

В промышленности кавитация часто используется для гомогенизации (смешивания) и отсадки взвешенных частиц в коллоидном жидкостном составе, например, смеси красок или молока. Многие промышленные смесители основаны на этом принципе. Обычно это достигается благодаря конструкции гидротурбин или путём пропускания смеси через кольцевидное отверстие, которое имеет узкий вход и значительно больший по размеру выход: вынужденное уменьшение давления приводит к кавитации, поскольку жидкость стремится в сторону большего объёма. Этот метод может управляться гидравлическими устройствами, которые контролируют размер входного отверстия, что позволяет регулировать процесс работы в различных средах. Внешняя сторона смесительных клапанов, по которой кавитационные пузыри перемещаются в противоположную сторону, чтобы вызвать имплозию (внутренний взрыв), подвергается огромному давлению и часто выполняется из сверхпрочных или жестких материалов, например, из нержавеющей стали, теллурита или даже поликристаллического алмаза (PCD).

Кавитацию используют для обработки топлива. Во время обработки топливо дополнительно очищается (при проведении химического анализа сразу обнаруживается существенное уменьшение количества фактических смол), и перераспределяется соотношение фракций (в сторону более лёгких). Эти изменения, если топливо сразу поступает к потребителю, повышают его качество и калорийность, как следствие, достигается более полное сгорание и уменьшение массовой доли загрязняющих веществ. Также были разработаны кавитационные водные устройства очистки, в которых граничные

условия кавитации могут уничтожить загрязняющие вещества и органические молекулы.

Кавитационные процессы имеют высокую разрушительную силу, которую используют для дробления твёрдых веществ, которые находятся в жидкости. Одним из применений таких процессов является измельчение твёрдых включений в тяжёлые топлива, что используется для обработки котельного топлива с целью увеличения калорийности его горения. Кавитационные устройства снижают вязкость углеводородного топлива, что позволяет снизить необходимый нагрев и увеличить дисперсность распыления топлива. Кавитационные устройства используются для создания водно-мазутных и водно-топливных эмульсий и смесей, которые часто используются для повышения эффективности горения или утилизации обводнённых видов топлива.

Кавитационные насосы используются при тушении пожара в многоэтажных зданиях. Так как давление в данных типах насосов достаточно мощное, оно позволяет тушить пожары более эффективно. Но при продолжительном использовании таких насосов вода очень разогревает пожарный ствол, что приводит к крайне неприятным ощущениям, которые испытывают пожарники во время тушения продолжительного пожара.

Процесс кавитации используется для создания отопительных теплогенераторов, применяемых для обогрева помещений. Суть системы заключена в замкнутом корпусе, в котором продвигается водяная струя через кавитационное устройство, для получения давления используется обыкновенный насос. Процесс образования разрыва пузырьков происходит под действием переменного электрического поля. При этом паровые полости являются маленькими по размеру и не взаимодействуют с электродами. Они передвигаются в толщу жидкости, и там происходит вскрытие с выделением дополнительной энергии в теле водяного потока. Технология работы теплогенераторного отопления такова. Насос повышает давление воды и подает его в рабочую камеру, патрубком которой соединен с ним при помощи фланца.

В рабочем корпусе вода должна получить увеличенную скорость и давление, что осуществляется при помощи труб различного диаметра, сужающихся по ходу потока. В центре рабочей камеры происходит смешение нескольких напорных потоков, приводящее к явлению кавитации. Чтобы можно было контролировать скоростные характеристики водного потока, на выходе и ходе рабочей полости устанавливаются тормозные устройства. Вода передвигается к патрубку в противоположном конце камеры, откуда поступает в возвратном направлении для повторного использования при помощи насоса циркуляционного действия. Нагрев и получение тепла происходит за счет движения и резкого расширения жидкости на выходе из узкого отверстия сопла.

Кавитационные насосы относят к простым устройствам. В них происходит преобразование механической двигательной энергии воды в тепловую энергию, которая расходуется на отопление помещения. Следует отметить плюсы и минусы кавитационных агрегатов. К положительным характеристикам относят эффективное образование тепловой энергии, он экономный в работе за счет отсутствия топлива как такового. К отрицательным характеристикам относят следующее: шумная работа насоса и явления кавитации; кавитационные насосы используют большую мощность для помещения в 60–80 м²; он занимает много полезного пространства комнаты.

Кавитация используется в медицине. В настоящее время исследованиями доказано, что кавитация может быть использована для перемещения больших молекул внутрь биологических клеток. Здесь кавитация применяется в следующих сферах: лечение и очистка гнойных ран; дезинфекция растворов; эмульгирование растворов; стоматология; ЛОР практика для создания ингаляционных смесей. Помимо этого, кавитация играет важную роль для уничтожения камней в почках посредством ударной волны литотрипсии. Кавитация используется в эстетической медицине. Суть методики кавитации для лечения целлюлита и излишних жировых отложений заключается в воздействии низкочастотного ультразвука на жировую ткань. Как известно, ультразвук является акустической волной, а клетки организма содержат большое количество жидкости. Таким образом, возникла идея, что в жировых клетках также возможно возникновение кавитационных эффектов и эта идея оказалась верной. В основе процедуры лежит способность ультразвука определенной частоты (38–41 КГц, при давлении 0,6 КПа) вызывать в жировых клетках эффект кавитации, то есть образования микропузырьков. Они увеличиваются в размерах и при разрывании выделяют энергию, которая разрушает мембраны жировых клеток. Освобожденный жир попадает в лимфу и кровотоки и постепенно выводится из организма через печень. Ультразвуковая кавитация позволяет направленно разрушать жировые отложения, причем

делать это нетравматично и безболезненно – во время процедуры пациент ощущает лишь приятное тепло и легкое покалывание. Помимо разрушения жировых отложений, процедура кавитации улучшает систему кровоснабжения и дренаж тканей. За счет восстановления коллагеновых и эластиновых волокон происходит разглаживание морщин и складок, восстанавливаются цвет и эластичность кожи.

Список использованных источников

1. Кавитационный теплогенератор для отопления дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://utepleniedoma.com/otoplenie/otoplenie-doma/kavitacionnyj-teplogenerator>. – Дата доступа: 25.03.2020.
2. Кавитация в насосах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nektonnasos.ru/article/gidravlika/kavitaciya-v-nasosah/>. – Дата доступа: 25.03.2020.
3. Теплогенератор кавитационный для отопления помещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kotel.guru/alternativnoe-otoplenie/teplogenerator-kavitacionnyy-dlya-otopleniya-pomescheniya.html#i>. – Дата доступа: 25.03.2020.
4. Кавитация в эстетической медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mediolan.org/stati/kavitaciya/>. – Дата доступа: 25.03.2020.

УДК 535.3+537.6

ОБ ЭФФЕКТЕ БАРЫШЕВСКОГО-ЛЮБОШИЦА В КВАНТУЮЩЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ РЕЗОНАНСОВ

Серый А.И., к.ф.-м.н., доц.

*Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,
г. Брест, Республика Беларусь*

Реферат. Получено решение задачи о поправке второго порядка по электромагнитной константе связи для величины вращения плоскости поляризации фотонов в полностью поляризованном по спину электронном газе в квантующем магнитном поле. Используются модифицированное дисперсионное соотношение Гелл-Мана-Голдбергера-Тирринга, оптическая теорема и приближенная формула, полученная Фоминым и Холодовым для резонансного сечения эффекта Комптона.

Ключевые слова: вращение плоскости поляризации, эффект Барышевского-Любошица.

Вращение плоскости поляризации фотонов в веществе возможно вследствие эффектов Фарадея, Макалюзо-Корбино [2, с. 582] или Барышевского-Любошица. В последнем случае требуется наличие спиновой поляризации электронов в среде [1, с. 88–89]. В экспериментах по наблюдению вращения плоскости поляризации, выполненных в земных лабораториях, внешнее магнитное поле отсутствовало либо не оказывало заметного влияния на структуру уровней энергии электрона в атоме, которое могло бы привести к нарушению целостности атома. Выяснилось, что эффект Барышевского-Любошица преобладает в жестком рентгеновском диапазоне и возникает во втором порядке теории возмущений по электромагнитной константе связи $\alpha = e^2/(\hbar c)$, где e – элементарный заряд, \hbar – постоянная Планка, c – скорость света [1, с. 88–94].

При астрофизических магнитных полях, реализуемых, например, вблизи нейтронных звезд, ситуация существенно меняется, поскольку заметную роль играет квантование Ландау, а движение электронов теряет финитность в направлении линий индукции магнитного поля. При этом появляется возможность резонансного комптоновского рассеяния, когда виртуальный электрон попадает на какой-либо из уровней Ландау [3, с. 321]. Если частота фотона далека от резонансной, то преобладает эффект Барышевского-Любошица, который возникает уже в первом порядке теории возмущений по α [4, р. 420–422]. В противном случае возникает сложное взаимодействие всех трех эффектов, перечисленных выше.

По аналогии с алгоритмом расчета во втором порядке теории возмущений по α в отсутствие квантующего магнитного поля [1, с. 92–93] можно в том же порядке теории