

РАДИОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ – ОТ РАКЕТ ДО БЕЗАППАРАТНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Почти полвека назад автор предлагаемой статьи столкнулся с новым эффектом формирования ударных волн в несжимаемых жидкостях при поглощении мощных СВЧ-импульсов. Это явление навело на мысль о возможных применениях нового эффекта в самых разных областях – от ракетной техники до медицины и радиосвязи. И пусть дальше экспериментов, подтверждающих правильность теоретических предположений, дело не пошло, но возможно, это – лишь вопрос времени?

РАДИОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

В 1957–1959 годах в СССР начались исследования по созданию управляемых термоядерных реакторов. Один из рассматриваемых тогда методов удержания и разогрева активной области реактора до температур, необходимых для начала термоядерной реакции, заключался в ее облучении несколькими сверхмощными СВЧ-источниками. Для реализации такого проекта был необходим генератор СВЧ-излучения, способный в одном импульсе излучать энергию порядка 10 кДж. Подобный генератор мог строиться на клистронах с длительностью импульса 1–2,5 мс, в то время как у существовавших тогда генераторов длительность импульса составляла 10–20 мкс.

Для решения данной задачи создавались мощные клистроны "Аметист" с выходной мощностью 5 МВт и длительностью импульса 2 мс с периодом повторения 10 с, в разработке которых автор участвовал в качестве заместителя научного руководителя. Эта работа неизбежно породила вопрос: как же рассеивать столь большую мощность? Так начались исследования по созданию нагрузки, способной выдерживать подобные импульсы. Причем ставилось целью не только определиться с видом нагрузки, но и выяснить возможность измерения абсолютных значений энергии в импульсах большой мощности. В ходе работ были получены экспериментальные подтверждения нового "радиогидравлического" эффекта, предсказанного автором. Он заключался в том, что при облучении жидкости радиоимпульсами большой энергии в ней возникают мощные гидравлические волны.

Физика предполагаемого явления представлялась достаточно очевидной. Известно, что при кратковременном выделении значительной энергии в жидкости, например в воде, благодаря ее практической несжимаемости возникает гидродинамический удар. Характерный пример – разрушение при выстреле герметичной полностью заполненной водой бочки. В этом случае при резком торможении пули в воде возникает гидромеханический эффект. Аналогичный ему гидроэлектроскопический эффект проявляется при пропускании импульсов тока между погруженными в воду электродами.



Г.Щелкунов

Соответственно, если в водяной нагрузке выделить СВЧ-импульс большой энергии, то в результате теплового расширения воды произойдет заметное изменение ее объема, что приведет к гидравлическому удару. Такой удар может быть вызван и световым импульсом (светогидравлический эффект), при этом в жидкости возникает ударная волна, способная создать давление до 10^6 атмосфер [1].

Описывается это явление простым соотношением $dV = a dQ / C_V$, где dV – изменение объема жидкости с коэффициентом теплового расширения a и теплоемкостью C_V при поглощении энергии dQ . Это соотношение легко получить, принимая во внимание, что $dV = a V_0 dT$, а $dQ = C_V V_0 dT$, где dT – изменение температуры жидкости, а V_0 – ее исходный объем. В соответствии с этой формулой, при выделении в воде энергии 30,3 кДж ее объем увеличивается на 1 см^3 (считая $a = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, $C_V = 4,2 \cdot 10^6 \text{ Дж/(K} \cdot \text{м}^3)$).

Был поставлен ряд экспериментов по проверке описываемого явления. Причем вместо генераторов СВЧ-энергии (в связи с их отсутствием в то время) использовался генератор электрических импульсов (т.е. воспроизводился электроскопический эффект), способный выдавать в водяную нагрузку импульсы с энергией до 55 кДж (напряжение в нагрузке 25 кВ, длительность импульса выше 2 мс, сопротивление электролитической нагрузки 67 Ом). В ходе экспериментов мы наблюдали, что сила воздействия на воду в нагрузке с открытым концом столь велика, что при поглощении энергии нагрузка практически исчезала из поля зрения. Это наводило на мысль о возможности эффективного прямого преобразования СВЧ-энергии в механическую.

Был поставлен и прямой эксперимент, демонстрирующий радиогидравлический эффект. В качестве источника СВЧ-энергии использовался СВЧ-генератор мезонной фабрики на клистроне "Соболь". В эксперименте нагрузка представляла собой стеклянную емкость с водой, помещенную в волноводе. Один из концов этой емкости прикрывался латунной мембраной, вплотную к которой прислонялся стальной шарик. При подаче СВЧ-импульсов (1–1,5 МВт, 120 мкс) ударная гидравлическая волна воздей-



ствовала на мембрану, в результате чего она перемещалась на 0,01 мм и толкала шарик. По его перемещению определялось давление на мембрану, составившее порядка 30 атмосфер.

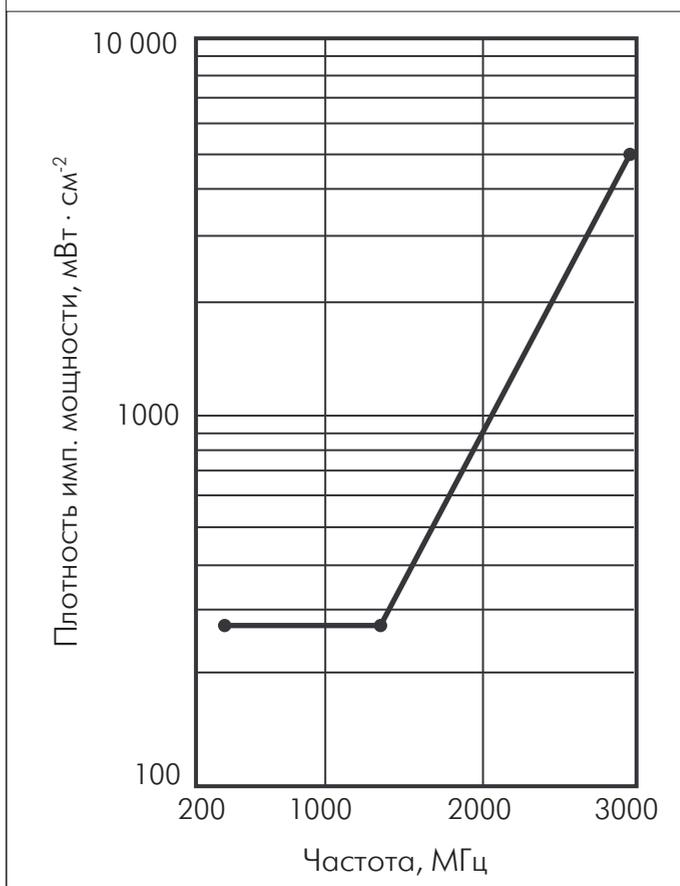
В 1970–1990-е годы автор опубликовал ряд статей, описывающих это явление и его возможные полезные применения.

РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ НА ОСНОВЕ РАДИОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

В практическом плане основные применения радиогидравлического эффекта на первых порах виделись в области ракетной техники и двигателей нового типа. Основной предпосылкой к этому были расчетные оценки КПД таких двигателей, превышающие 50% (до 70–80%), что существенно больше, чем КПД всех известных сегодня химических реактивных двигателей. Высокий КПД объясняется прежде всего тем, что данный эффект проявляется при незначительном – порядка 10° – нагреве жидкости, которая служит рабочим телом. Естественно, потери энергии при этом существенно ниже, чем в химических реактивных двигателях – в отличие от последних происходит выброс не раскаленных газов, а незначительно нагретой жидкости. В области ракетной техники изобретениями были признаны системы вертикального и горизонтального старта и разгона с использованием энергоресурсов наземных источников [2, 3], а также генератор СВЧ-импульсов гигаваттного уровня для питания этих систем [4].

В частности, была рассмотрена концепция построения системы горизонтального старта с воды (известный проект транспортно-космической системы на основе экраноплана "Альбатрос", разгонявшего ракету перед включением ее двигателей). В предложенном проекте предполагалось в качестве разгонного блока использовать корабль с диэлектрическим корпусом, оснащенный большой приемной антенной и системой множества излучателей. С берегового стационарного источника на борт подается СВЧ-энергия, которая принимается бортовой антенной и направляется на излучатели. Расположенные под днищем излучатели выталкивают судно из воды (аналог экранного эффекта), а размещаемые в корме – сообщают ему горизонтальную скорость. Расчеты показали, что при стартовой массе порядка 2000 т и длине разгона 20 км до скорости 1,2 км/с достаточно передавать импульсы мощностью 16 ГВт при длительности импульса 100 мкс и частоте их посылок 500 Гц. Поскольку СВЧ-генераторы с гигаваттной мощностью известны, а геометрические размеры передающей антенны не ограничены (диаметр антенны принимался равным 50 м для формирования диаграммы направленности с шириной главного лепестка на уровне половинной мощности 1 м при длине волны 10 см), непреодолимых проблем с построением такой системы нет. Диаметр приемной антенны 12 м, потери на линии берег – корабль 50%, КПД двигателей (излучателей) 50%. По расчетам, КПД разгона всей системы "Альбатрос" оценивался в 3–14%, а предлагаемой системы – в 17–27%.

Был предложен и принцип построения атмосферного и космического летательного аппарата на основе радиогидродинамического эффекта. На диэлектрическом корпусе корабля имеется множество отверстий, к которым подается несжимаемая жидкость (вода, глицерин). Она и служит рабочим телом. В районе выходных отверстий на жидкость воздействуют СВЧ-генераторы. Жидкость выбрасывается со скоростью 2 км/с и сообщает кораблю соответствующий импульс. По расчетам, для вывода корабля сухой массой 100 т на высоту 200 км с разгоном до 3,2 км/с по-



Зависимость пороговой мощности слышимости СВЧ-сигнала от частоты несущей

требуется 400 т воды.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ. МЕДИЦИНА И СВЯЗЬ

Не менее важен и физиологический аспект проявления радиогидравлического эффекта. Действительно, в литературе описан не один случай непосредственного восприятия радиоволн человеком и животными. Подобные факты изложены, например, в книгах В.Мезенцева [5], Б.Б.Кажинского [6], А.С.Пресмана [7]. Последний описывает реакцию "ориентирования" животных (собак, мышей) на источник импульсного СВЧ-излучения и реакцию человека, который слышит при этом жужжание, щелканье, свист. А.С.Пресман заключил, что столкнулся "с каким-то электромагнитным эффектом". В 1980 году появилась статья Дж.Ч.Лина о слуховом СВЧ-эффекте [8]. В ней голова человека рассматривалась как акустический резонатор. Подробнее эта версия развита в книге Р.Э.Тиграняна и В.В.Шорохова [9]. Однако более естественным объяснением безаппаратного приема СВЧ-излучения живыми существами представляется проявление гидродинамического эффекта в жидкостях организма (в том числе головного мозга). У животных и человека импульсы гидроударов по слуховым каналам передаются к рецепторам среднего уха и воспринимаются мозгом в виде щелчков и т.п.

Данное проявление радиогидравлического эффекта может найти массу полезных применений. Одно из них – возможность безаппаратного приема информации, например передаваемой в виде кода Морзе. Из проведенных исследований следует, что человек начинает воспринимать на слух СВЧ-импульсы при плотности мощности излучения на уровне 100–200 мВт/см² (см. рис.) [7]. Обеспечив такую мощность направленного излучения, можно, в частности, установить связь с людьми, терпящими

бедствия и лишеными других источников информации.

Весьма важным может оказаться применение нового эффекта для создания аппарата, восстанавливающего и усиливающего слух. Для полноценного восстановления слуха необходимо воздействовать на каналы слуховых нервов, расположенных в области затылка. Известны аппараты с механическим воздействием на эти каналы (вибратор, прикладываемый к затылку). Но устройство на базе радиогидравлического эффекта позволит воздействовать на более глубокие ткани, причем без механических частей.

Кроме того, глубокий внутритканевый массаж способен оказывать и терапевтическое воздействие, причем в тех случаях, когда другие методы не эффективны. Многие болезни связаны с тем, что из-за воспалительного процесса происходит сдавливание нервных волокон. Если заставить эти ткани вибрировать, улучшается обмен в области опухоли и происходит выздоровление. Подобные методики, основанные на вибрациях, сегодня широко применяются в медицине. Предлагаемый эффект позволяет добраться до труднодоступных внутренних тканей. Возможно, в ряде случаев удастся восстанавливать слух и даже зрение.

Разумеется, для воздействия СВЧ-излучением на человека необходимо определить нормы такого воздействия, как в свое время это было сделано для рентгеновского излучения, — но это вопрос еще предстоящих исследований.

Таким образом, на основе радиогидравлического эффекта можно создавать новые классы устройств самого различного назначения — от двигателей до систем безаппаратной радиосвязи и медицинско-

го оборудования. Конечно, это произойдет только в результате серьезных исследований и опытно-конструкторской работы, но важно сделать первый шаг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскаръян Г.А., Прохоров А.М., Шипуло Г.П. Сетогидравлический эффект. Диплом № 65. — Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1969, № 19, с.4
2. А.С. СССР № 209734 (1984 г.). Транспортная система разгона на водной поверхности.
3. А.С. СССР № 210255 (1984 г.). Способ создания реактивной тяги и ракетные системы для осуществления этого способа.
4. А.С. СССР №778672 (1980 г.). Генератор СВЧ-импульсов гигаваттного уровня мощности.
5. Мезенцев В. Когда появляются призраки. — М.: "Детская литература", 1971.
6. Кажинский Б.Б. Биологическая радиосвязь, 1963.
7. Пресман А.Н. Проблемы взаимодействия электромагнитных полей и живой природы. — М.: Наука, 1968.
8. Биологический эффект электромагнитной энергии и медицина. — ТИИЭР/Пер. из Proceedings IEEE, 1980, vol. 68, №1.
9. Тиграбян И.Э., Шорохов В.В. Физические основы слухового эффекта СВЧ. — Пушкино: ОНТИ Пушкинского научного центра АН СССР, 1990.