

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВИХРЕВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ

Показаны возможности повышения эффективности ряда технологических операций машиностроительного производства и некоторых видов теплотехнического оборудования за счет использования вихревых гидравлических теплогенераторов. Проведены исследования характера вихревых потоков и сопутствующих эффектов, установлены теплоэнергетические характеристики вихревых теплогенераторов. Разработаны варианты применения вихревых гидравлических теплогенераторов. Приведены примеры практической реализации разработок. Показана перспективность разработки на основе термодинамического диспергатора-распылителя устройств для аэрации сточных вод и их окисления.

Экономика России в настоящее время в сравнении с индустриально-развитыми странами потребляет энергоресурсов в 3...4 раза больше на единицу произведенной продукции [1]. Решению проблемы экономии энергоресурсов способствует применение вихревых гидравлических теплогенераторов [2], являющихся одним из новых видов промышленных теплоэнергетических устройств. Их применяют в основном для нагрева жидких теплоносителей с целью автономного теплоснабжения различных объектов. Нагрев жидкости происходит при ее многократной циркуляции по контуру: насос – вихревая камера – насос. Центробежный электронасос подает жидкость в вихревую камеру теплогенератора, выполненную в виде полого цилиндра, через тангенциальный ввод, обеспечивающий закрутку потока. Из вихревой камеры жидкость выходит через диафрагмы определенных размеров, установленные на торцах камеры. После выхода из вихревой камеры жидкость направляется по трубопроводу на всасывающий патрубок насоса, тем самым образуя замкнутый контур циркуляции. Типичная температура теплоносителя 70...80°C, но в некоторых установках возможен нагрев теплоносителя до 100°C и более.

На первом этапе моделирования движения вихревого потока жидкости для определения давления p в закрученном потоке можно использовать уравнение Эйлера:

$$\frac{u^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}, \quad (1)$$

где u – скорость вихревого потока; r – радиус вращения; p – давление в вихревом потоке; ρ – плотность жидкости.

Интегрируя его по r , получим

$$p = \rho \int \frac{u^2}{r} dr + C, \quad (2)$$

или с учетом соотношения $u = \Omega r$

$$p = \rho \left(\frac{\Omega^2 r^2}{2} \right) + C = \rho \frac{u^2}{2} + C. \quad (3)$$

Давление и скорость на поверхности вихревого шнура радиусом r_B соответственно равны p_B , $u_B = \Omega r_B$, откуда

$$C = p_B - \rho \frac{u_B^2}{2}, \quad (4)$$

и давление внутри вихревого шнура

$$p = \rho \frac{u^2 - u_B^2}{2} + p_B. \quad (5)$$

Разность давлений на поверхности вихревого шнура и в его центре, где $u = 0$, равна

$$\Delta p = \frac{\rho u_B^2}{2}. \quad (6)$$

В предельных случаях вихревое течение жидкости сопровождается кавитацией. Она возникает в результате местного понижения давления в жидкости ниже критического значения, которое приблизительно равно давлению насыщенного пара этой жидкости при данной температуре. Понижение давления может происходить вследствие местного повышения скорости в потоке жидкости (гидродинамическая кавитация) или вследствие прохождения в жидкости акустических волн (акустическая кавитация).

При высокой интенсивности закручивания потока в результате снижения давления в осевой зоне вихревой камеры наблюдается разрыв сплошности жидкости, вначале с образованием двухфазной жидкостно-газовой среды, а затем полого газового канала, расположенного в осевой зоне вихревой камеры радиусом r_B , что подтвердилось в результате визуальных наблюдений при проведении экспериментальных исследований течения вихревых потоков жидкости в оптически прозрачной вихревой камере (рис. 1).

В периферийных вихревых потоках и перед выходом из вихревой камеры, где скорость потока жидкости резко уменьшается, а давление, соответственно, увеличивается, происходит схлопывание кавитационных пузырьков и выделение тепла [3].

Скорость нагрева теплоносителя и удельное потребление энергии существенно зависят от проходных сечений диафрагм. При увеличении сечения отверстия в диафрагме для выхода потока из вихревой камеры его скорость увеличивается и в осевой зоне может происходить разрыв сплошности жидкости с образованием парогазового канала. При определенном сочетании сечений диафрагм и установке тормоза увеличивается число мелких паровоздушных пузырьков, которые распространяются практически по всей длине вихревой камеры. В зависимости от соотношения сечений диафрагм для выхода жидкости из вихревой камеры возможно образование противотока в осевой зоне.

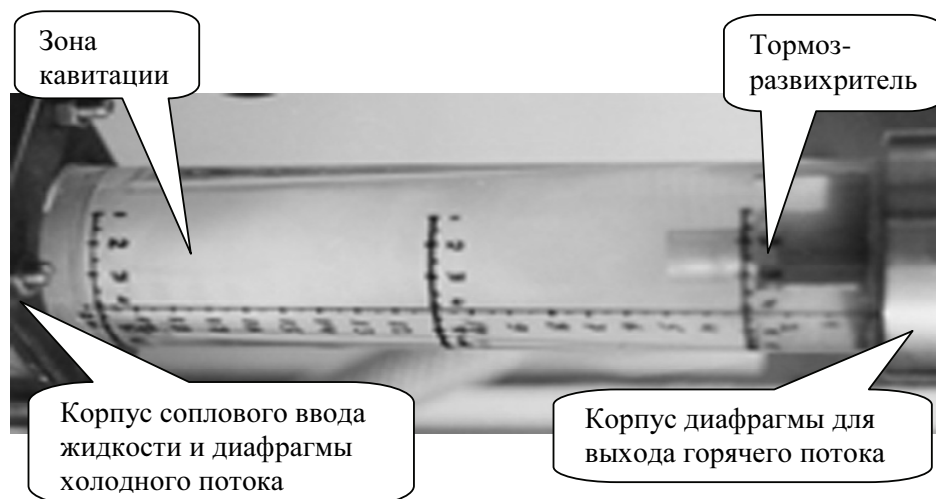


Рис. 1 Характер и расположение зоны кавитации в вихревой камере

Установлено, что процессы тепло- и массопереноса более интенсивно протекают в вихревых потоках при использовании тормоза в виде крестовины с цилиндрической втулкой на конце (рис. 1). Установка тормоза-развихрителя на торцевой стенке вихревой камеры перед отверстием для выхода жидкости усиливает турбулентность вихревого потока, что способствует образованию в осевой области обширной зоны, заполненной вращающейся паро-газо-жидкостной средой.

В слоях жидкости, контактирующих со стенками вихревой камеры, за счет сил трения образуется пристеночное вихревое течение, снижающее тангенциальную составляющую периферийного потока. При этом уменьшается разрежение вихревого потока в осевой зоне. Для эффективного тепло- и массопереноса необходимо обеспечить условия для разрыва сплошности жидкости в вихревом потоке, сообщив ему максимально высокую скорость до момента набегания на лопасти тормоза-развихрителя. Для этого внутренняя поверхность вихревой камеры должна быть выполнена с минимальным коэффициентом трения за счет подбора соответствующего материала и его обработки.

На рисунке 2 показана уникальная конструкция вихревого теплогенератора, который весьма эффективно применяется для отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных помещений.

Основное преимущество вихревых теплогенераторов заключается в том, что с их помощью можно нагревать практически любые жидкости, в то время как тепловые электрические нагреватели (ТЭНы) требовательны к качеству подогреваемой воды. Главное их преимущество перед тепловыми электронагревателями – это отсутствие жестких требований по подготовке воды, отсутствие накипи и отложений на элементах устройства и возможность работы на различных видах жидкости, в том числе незамерзающих, химически агрессивных и пожароопасных.

Проведенные исследования показали, что проточно-накопительный водонагреватель на базе вихревого термогенератора на 15–20% эффективнее проточного водонагревателя модели DB-13 производства Германии аналогичной мощности и может работать в двух режимах: как проточном, так и

накопительном (рис. 3). Выполненные разработки превосходят известные отечественные и мировые аналоги, имеют патентную защиту, просты и высоконадежны, электробезопасны и экологически безопасны. Коэффициент полезного действия вихревых теплогенераторов достигает 95%, поскольку «потери» электрической энергии в насосе (с КПД ~ 70%), располагающемся в рабочей жидкости, полностью идут на ее нагрев.

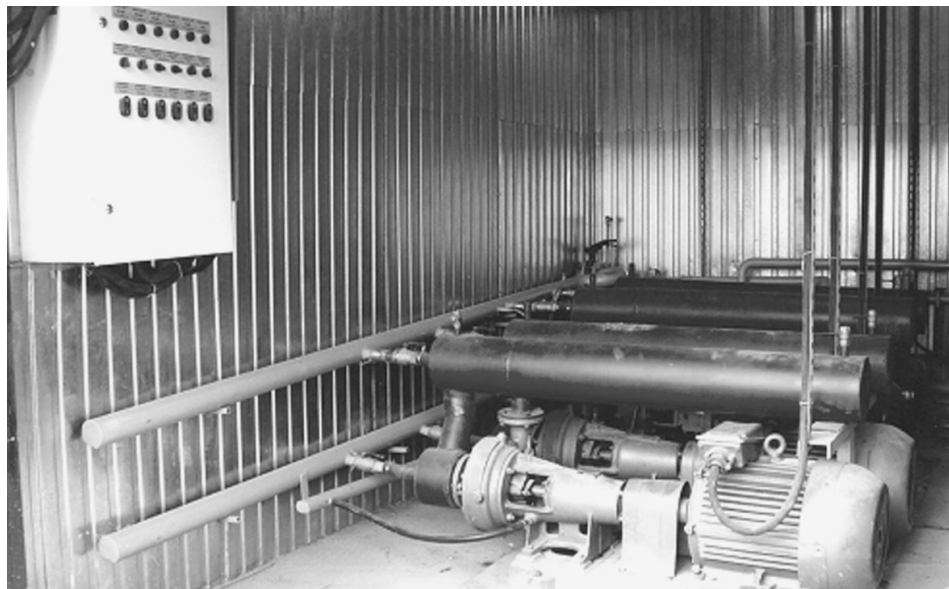


Рис. 2 Теплогенераторы, подключенные к системе отопления

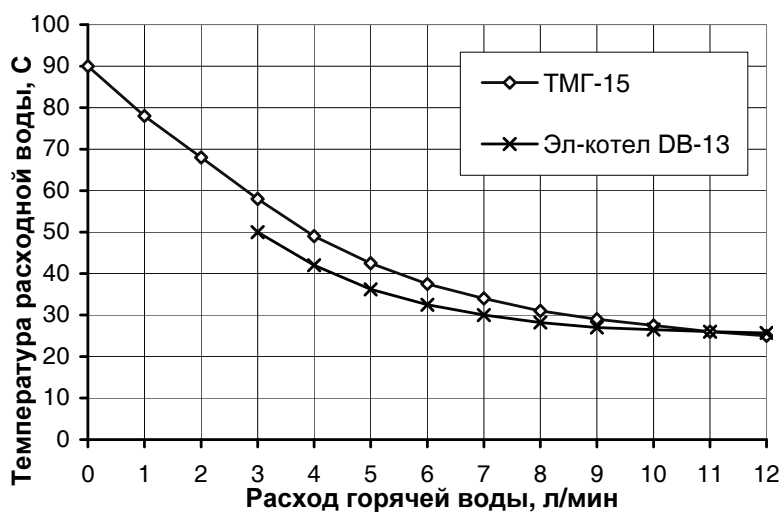


Рис. 3 Сравнительные характеристики водонагревателей вихревого и электрического типов

Высокая надежность, безопасность и экономичность делают применение вихревых гидравлических теплогенераторов в качестве автономного источника теплоснабжения технологического оборудования более экономич-

ным по сравнению с электронагревателями и паром. Их применение обеспечивает заданный температурный режим гальванических ванн. Четырехлетний опыт применения вихревых гидравлических теплогенераторов для теплоснабжения гальванических ванн в ОАО «Дизель» (Краснодарский край) и в ОАО «Кузнецкий завод приборов и конденсаторов» показал их высокую надежность, при этом обеспечивается экономия энергоресурсов до 20% (рис. 4).



Рис. 4 Вихревой теплогенератор обеспечивает автономное теплоснабжение гальванических ванн

Важной характеристикой вихревого гидравлического теплогенератора является автономность и возможность его многофункционального использования. При вихревом течении закрученных потоков жидкости проявляются несколько физических эффектов: нагрев, перемешивание и диспергирование разнородных жидкостей, образование двухфазных жидкостно-газовых сред, разрыв межмолекулярных связей в воде и др. В результате взаимного усиления указанных эффектов в вихревых потоках жидкости протекают интенсивные процессы тепло- и массопереноса, изменяющие физические характеристики рабочей среды и ее состояние [3]. В связи с этим вихревые теплогенераторы, кроме отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных помещений, теплоснабжения производственного оборудования, находят применение для перемешивания и диспергирования технических жидкостей, приготовления эмульсий и моющих растворов, для мойки деталей машин при их изготовлении и ремонте.

Применяемые в процессе механической обработки материалов смазывающе-охлаждающие технологические среды (СОТС) в виде водомасляных эмульсий являются питательной средой для размножения бактерий. В результате жизнедеятельности бактерий эмульсия разлагается, выделяется сероводород, и она истощается, т.е. становится непригодной для дальнейшего использования. Традиционно используемые методы приготовления эмульсий путем пе-

ремешивания (рамными, лопастными и якорными мешалками, барботажем, перекачиванием насосами и др.) неэффективны [4]. Эмульсия получается при этом крупнодисперсная, с размерами частиц эмульсола от 3 до 8 мкм и более. Крупные капельки эмульсола замазывают инструмент и обрабатываемые детали. Только в однородных, нераслаивающихся эмульсиях в каждой капле жидкости имеются все необходимые компоненты СОТС. Кавитационные пузырьки, образующиеся в воде, существенно влияют на жизнестойкость микроорганизмов, значительно понижая последнюю. При кавитационной обработке устойчивость СОЖ к биопоражению достигала 3 месяцев, тогда как обычная СОЖ при отсутствии биоцидных добавок в летнее время склонна к развитию микроорганизмов уже через 5...7 суток эксплуатации. Чем выше дисперсность частиц эмульсола, тем более однородна и стабильна эмульсия.

Для решения задач приготовления высококачественных СОТС и поддержания их в рабочем состоянии предложено применять вихревой теплогенератор [5]. При движении вихревого потока жидкости в оптически прозрачной вихревой камере теплогенератора было отмечено образование огромного количества мельчайших пузырьков. Пузырьки движутся вместе с вихревым потоком жидкости, распространяются на большую часть вихревой камеры. Совместное воздействие кумулятивных струек, образующихся при схлопывании кавитационных пузырьков, гидродинамических ударов и ультразвукового поля приводят к стерилизации обрабатываемой жидкости, эмульгированию обычно не смешиваемых продуктов, гомогенизации обрабатываемого продукта. В процессе приготовления СОТС с использованием вихревого теплогенератора проявляется синергетический эффект взаимного усиления процессов перемешивания, диспергирования, нагрева, обеззараживания и активации СОТС при движении жидкости в вихревых потоках. При этом возможно повысить срок службы эмульсии за счет снижения бактериальной поражаемости. Применение небольших по мощности теплогенераторов, работающих в режиме кавитации, обеспечит качественное приготовление в производственных условиях мелкодисперсных трудно расслаивающихся эмульсий смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС), используемых при обработке материалов резанием. Использование мелкодисперсных эмульсий, приготовленных с использованием кавитационных технологий, позволит повысить производительность станков, сократить расход режущего инструмента, улучшить качество обрабатываемых поверхностей.

Интенсифицировать процесс очистки и мойки деталей при ремонте, после механической обработки, перед сборкой и нанесением гальванических покрытий поверхности позволит применение вихревого гидродинамического нагревателя жидкости. При прокачивании моющего раствора электронасосом через вихревую камеру вихревые потоки моющего раствора нагреваются, насыщаются мельчайшими паровоздушными пузырьками и при направленной подаче в моечный бак обеспечивают качественную мойку и очистку поверхности деталей. Всепроникающие пузырьки, лопааясь на поверхности деталей, интенсифицируют процесс очистки их поверхностей, обеспечивают экономию моющих средств и энергии.

Кроме того, вихревые теплогенераторы могут использоваться для насыщения газом жидкости, например при аэрации сточных вод и их окислении. На эффективность кавитации не влияет ни мутность, ни солевой состав воды, ни цветность.

Список литературы

1. Энергоэффективность – основа устойчивого развития экономики России : материалы Всероссийского совещания. – М., 2002.
2. **Куросов, Н. Е.** Система отопления и горячего водоснабжения на основе вихревого термогенератора / Н. Е. Куросов, А. В. Тарнопольский, В. М. Пичугин, П. А. Цветков // По всей стране. – 2002. – № 8. – С. 12–13.
3. **Федоткин, И. М.** Интенсификация процессов смешения и диспергирования гидродинамической кавитацией / И. М. Федоткин, И. С. Гулый, В. В. Боровский. – Киев : Арктур-Л, 1998. – 128 с.
4. **Костров, С. А.** Применение волновой технологии для улучшения СОЖ / С. А. Костров // Вестник машиностроения. – 1988. – № 6. – С. 56–58.
5. **Евстифеев, В. В.** Использование вихревого гидравлического теплогенератора для приготовления эмульсий / В. В. Евстифеев, А. В. Тарнопольский // Ресурсосбережение и инновации: проблемы и решения : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза : Изд-во Приволжск. дома знаний, 2006. – С. 35–39.