

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВИХРЕВАЯ ТРУБА РАНКА НА ОСНОВЕ НОВОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВИХРЕВОГО ПРОЦЕССА

В статье утверждается, что созданная новая физическая модель вихревого процесса, позволяет переосмыслить и обновить конструкцию всех элементов классической вихревой трубы Ранка (ВТР), а также увеличить коэффициент энергоэффективности (EER) вихревой трубы не менее чем в 4 раза - до величины 2-х единиц, что дает основание называть вихревую трубу «Энергоэффективной вихревой трубой» (ЭЭВТ).

Материал будет полезен специалистам и сторонам, заинтересованным в продвижении данного направления.

Существует удивительный эффект – эффект Ранка (Ранка-Хильша) и устройство – вихревая труба Ранка (далее по тексту – ВТР), в которой этот эффект реализуется.

Главное свойство вихревой трубы Ранка: она способна делить подаваемый в нее поток газа, например, воздуха, на два потока, один с температурой выше исходной, а второй ниже исходной.

Кроме того, ВТР обладает рядом других удивительных и полезных свойств:

- отсутствуют подвижные части, как результат, близкая к 100% надежность и большой ресурс;
- может работать в очень жестких условиях (с высокой температурой газа – многие сотни градусов выше нуля, при наличии вибрации и т.д.);
- имеет относительно простую конструкцию, небольшие размеры и массу;
- расход перерабатываемого газа в зависимости от варианта исполнения ВТР может быть в диапазоне от долей до сотен тысяч кубических метров в час;
- имеет постоянную готовность к работе и очень малое время выхода на режим;
- пространственное положение ВТР не влияет на ее работоспособность.

Однако низкая экономичность ВТР как источника холода ставит жирный крест на ее широком, повсеместном применении. Усложняет ситуацию с ВТР высокий уровень шума,

который она генерирует.

Так, по мнению авторов работы [1] энергозатраты на сжатие газа для производства единицы «холода» в ВТР примерно в 8–10 раз больше энергозатрат на ее производство в холодильных машинах парокомпрессионного цикла... В настоящее время для оценки совершенства кондиционеров все чаще пользуются коэффициентом энергоэффективности EER (достаточно удобным и понятным практически всем кто сталкивается с эксплуатацией холодильных машин), показывающим, сколько киловатт холодопроизводительности (в числителе) приходится на один киловатт энергозатрат (в знаменателе). Таким образом, если у современных кондиционеров парокомпрессионного цикла на 1 киловатт энергозатрат приходится не менее 4-х киловатт холодопроизводительности, то у ВТР классического исполнения на один киловатт энергозатрат приходится всего 0,4÷0,5 киловатта холодопроизводительности.

Все это безобразие с низкой экономичностью и шумом ВТР уже сильно надоевшее всем, длится довольно долго, точнее с 1931 года, с момента, когда месье Ранк (Франция) запатентовал вихревую трубу. Более восьмидесяти лет специалисты всего мира изучают ВТР, анализируют ее, а также проектируют и создают (в т.ч. патентуют) многие сотни т.н. новых ее вариантов, выдвигают на обсуждение десятки т.н. новых теорий вихревого процесса. Пишут и защищают кандидатские и докторские диссертации по теории вихревого процесса. Например, в работе [2] сказано, что в фондах отдела диссертаций Государственной библиотеки им. Ленина кандидатских диссертаций по этой тематике примерно 150 штук. Но экономичность ВТР как была неудовлетворительной таковой до сих пор и остается.

По этой причине разработчики ВТР вынуждены проявлять особое красноречие, всячески подчеркивая достоинства и приуменьшая (или как вариант, замалчивая) недостатки ВТР, чтобы ее использовать хоть каким-то образом. Однако шумность, низкую экономичность и соответственно низкую коммерческую привлекательность скрыть сложно и как результат, ВТР «прозябает» на задворках «большой» теплотехники решая, в общем-то, второстепенные задачи, которые по определенным причинам стандартными средствами решаются еще хуже.

В мировом сообществе специалистов изучающих вихревой эффект и разрабатывающих ВТР общепризнано, что низкая экономичность ВТР - результат отсутствия теории достоверно описывающей физические процессы, происходящие в ней (здесь под теорией понимается

физическая модель процессов плюс математический аппарат, позволяющий корректно рассчитывать новые варианты ВТР на основе уже существующих).

Также злую шутку с ВТР сыграла ее конструктивная простота, за которой скрывается сложнейший, многоплановый, исключительно точно сбалансированный термогазодинамический процесс.

Как результат, существует много псевдотеорий пытающихся объяснить вихревой эффект. Есть даже шутка недавних времен по поводу большого количества теорий вихревого эффекта: «Каждому городу – свою истинную теорию вихревого эффекта!».

Изучив основные, опубликованные теории вихревого эффекта и вникнув в их суть, приходишь к мысли, что «не могут несколько десятков вариантов теории ВТР объяснять одно и то же, опираясь фактически на один и тот же конструктив (мелкие отличия не в счет)». В мое школьное время это называлось: «подгонка ответа под известный результат». С моей точки зрения наиболее доходчиво и красиво обобщил новые теории вихревого эффекта в своей работе [3] А.Ф. Гуцол.

Теорию классических вихревых труб Ранка изложил гениальный популяризатор вихревого процесса профессор А.П. Меркулов в своей замечательной работе [4] еще в 1969 году.

Вот перечень основных достижений в деле развития ВТР на тот момент:

- улиточный «сопловой ввод Меркулова»;
- коническая форма камеры (трубы) энергетического взаимодействия;
- крестовина на горячем конце камеры (трубы) энергетического взаимодействия;
- шелевой диффузор (самовакумирующаяся труба);
- осевой ввод дополнительного потока со стороны горячего конца камеры (трубы) энергетического взаимодействия;
- набор устройств по недопущению попадания пограничного слоя с диафрагмы в холодный поток;
- конический газоотвод после диафрагмы.

Еще несколько позже к разработчикам ВТР пришло понимание того, что для снижения

обратного (паразитного) перетекания тепла по материалу камеры (трубы) взаимодействия потоков, ее необходимо изготавливать из материала с низкой теплопроводностью (естественно износостойкого) или из металла, покрытого с внутренней стороны таким же материалом.

Исходя из вышеизложенного выскажу свое мнение, естественно субъективное, о том, какая физическая модель вихревого процесса может считаться новой или как должен работать своеобразный тест, определяющий наличие новизны или ее отсутствие в выдвигаемой на всеобщее обсуждение физической модели вихревого процесса.

*Если выдвигается новая физическая модель вихревого процесса, то подтверждением ее новизны и истинности должно быть обязательно следующее продолжение:*

- *во-первых, модель должна четко и однозначно позволить определить конструктивные изменения элементов ВТР, которые собственно и сформируют более эффективный термогазодинамический процесс в ней по сравнению с предыдущими конструкциями элементов, выполненными в соответствии со «старыми» моделями процесса;*
- *во-вторых, благодаря конструктивному изменению элементов ВТР должен быть значительно (например, не менее чем в 2 раза) повышен ее коэффициент EER.*

*Если указанного продолжения, следующего за заявленной т.н. новой физической моделью вихревого процесса нет, то такая модель не является новой.*

Автор данного материала после длительного практического и теоретического изучения также не избежал искушения создать новую физическую модель вихревого процесса (противоточной ВТР).

*В соответствии с новой физической моделью вихревого процесса установлено:*

- *новая модель вихревого процесса позволяет переосмыслить и обновить конструкцию всех элементов классической ВТР;*
- *коэффициент энергоэффективности EER вихревой трубы может быть увеличен не менее чем в 4 раза и доведен до величины не менее 2-х единиц.*

При проектировании очередного образца ВТР может быть использовано любое количество ее обновленных элементов. Но наибольший эффект будет достигнут если в составе ВТР использовать все конструктивно обновленные элементы (которые взаимно дополняют друг друга), в этом случае можно поднять коэффициент энергоэффективности EER вихревой трубы Ранка до величины не менее 2-х единиц, что дает законное основание назвать такую вихревую трубу «Энергоэффективной вихревой трубой» или сокращенно ЭЭВТ.

Приблизительный вклад каждого из обновленных элементов ЭЭВТ в повышение ее энергоэффективности представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Приблизительный вклад каждого из обновленных элементов ЭЭВТ  
в повышение ее энергоэффективности**

№ п/п	Элемент ЭЭВТ	Параметр Q (числитель) и его возможное значение	Параметр N (знаменатель) и его возможное значение	Показатель повышения энергоэффективности отдельного элемента ЭЭВТ за счет изменения его конструкции, отношение Q/N
1	Обновленный сопловой ввод	$Q_1$ 1,4	$N_1$ 0,8	1,75
2	Обновленная (собственно) труба, с расширением к горячему концу	$Q_2$ 1,05	$N_2$ 0,9	1,17
3.1	Устройство обеспечения работы трубы в режиме $\mu < 1$ (например, при $\mu = 0,67$ )	$Q_{3,1}$ 1,1	$N_{3,1}$ 1,0	1,1
3.2	Комплект устройств обеспечения работы трубы в режиме $\mu = 1$	$Q_{3,2}$ 1,49	$N_{3,2}$ 1,2	1,24
4	Обновленный развихритель	$Q_4$ 1,2	$N_4$ 0,9	1,33
5	Диафрагма с новым устройством предотвращения попадания пограничного слоя в холодный поток	$Q_5$ 1,1	$N_5$ 1,0	1,1
6	Обновленная газоотводящая трубка	$Q_6$ 1,0	$N_6$ 0,9	1,1

**Примечание:** значение коэффициента энергоэффективности вихревой трубы классического исполнения  $EER_{\text{класс}}$  принято равным **0,5**.

В соответствии с формулой расчета коэффициента энергоэффективности (EER) вихревой трубы Ранка -

$$EER_{\mu=1} = EER_{\text{класс.}} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_{3,2} \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6}{N_1 \cdot N_2 \cdot N_{3,2} \cdot N_4 \cdot N_5 \cdot N_6}$$

получаем:

$$EER_{\mu=1} = 0,5 \cdot 1,4 \cdot 1,05 \cdot 1,49 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 / 0,80 \cdot 0,90 \cdot 1,2 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 0,90 = 0,5 \cdot 2,89 / 0,7 = 2,06 \approx 2$$

ЭЭВТ с коэффициентом EER величиной две единицы - это много или мало?

Для сравнения, в 2000 году коэффициент энергоэффективности EER лучших в мире кондиционеров с холодильной машиной парокомпрессионного типа составлял около 4 единиц, в это же время коэффициент EER вихревых труб Ранка составлял величину примерно около 0,5 единицы. Сопоставляя цифры, получаем в данном случае отставание ВТР по энергоэффективности в 8 раз.

Имея в своем распоряжении ЭЭВТ с коэффициентом EER в две единицы (отставание всего в 2 раза) уже вполне возможно создать на ее базе конкурентоспособные кондиционеры специального назначения. Например, возможно создание кондиционеров для авиационных и специальных наземных (например, гусеничных карьерных экскаваторов) транспортных средств, т.е. кондиционеров работающих в тяжелых условиях, где классические парокомпрессионные кондиционеры не работают долго.

Кроме того, на базе ЭЭВТ возможно создание холодильных машин с большим расходом газа, ресурсом и с приемлемой ценой для технологических целей. Например, случай, когда природный газ из магистрального трубопровода с давлением 6÷7 МПа и температурой окружающей среды, должен быть преобразован в жидкость с давлением окружающей среды и температурой -162 °С является идеальным для использования ЭЭВТ в технологической цепочке сжижения природного газа. Такая задача - сжижение природного газа - на данный момент решается классическим, громоздким и достаточно дорогостоящим, способом на мощных береговых (морских) заводах, к которым относится, например, завод СПГ проекта «Сахалин-2».

Очень актуальна ЭЭВТ для металлообработки, деревообработки, химического производства, и других отраслей промышленности, а также производства и хранения продовольствия.

## **От автора**

Работа над ЭЭВТ носит коммерческую направленность. Поэтому при наличии серьезных предложений от организаций (фирм) будет рассмотрен вопрос продажи информации о содержании физической модели вихревого процесса, происходящего в ЭЭВТ и о новой конструкции всех ее элементов.

При приемлемых условиях сторон возможна долгосрочная работа автора (в организации, фирме) по оказанию помощи в доведении ЭЭВТ до состояния опытного образца.

Контактный почтовый ящик: [VTR1931-2011@mail.ru](mailto:VTR1931-2011@mail.ru).

## **Список литературы:**

1. Пиралишвили Ш.А., Поляев В.М., Сергеев М.Н.. Под редакцией академика РАН Леонтьева А.И., Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения. Москва, УНПЦ «Энергомаш», 2000 г.

2. Ляндзберг А.Р., Латкин А.С., Вихревые теплообменники и конденсация в закрученном потоке. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2004 – 149 с.

3. Гуцол А.Ф., Эффект Ранка, Успехи физических наук. Методические заметки, Том 167, №6, июнь 1997 г.

4. Меркулов А.П., Вихревой эффект и его применение в технике, Издательство «Машиностроение», 1969 г.