

РУКОТВОРНЫЙ СМЕРЧ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ВИХРЕВЫЕ ТРУБЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

«Традиционная» холодильная техника, используемая в промышленности при решении технологических задач и для улучшения условий работы персонала, – это крупный потребитель электроэнергии в энергобалансе развитых стран. «Новая» холодильная техника, основанная на вихревом энергоразделении турбулентного воздушного потока, открыла путь к энергосбережению во многих отраслях, что подтверждено многолетним передовым российским опытом.

*Инновация отличает лидера от догоняющего.
Стив Джобс*

Введение

Высокоскоростной турбулентный поток воздуха (газа) при вращении разделяется в поле центробежных сил на охлажденное ядро и горячие периферийные слои. Перенос тепла от ядра к периферии потока, происходящий в этих условиях, называют вихревым эффектом Ранка (Ранке). В простейшей «статической» холодильной машине – вихревой трубе (ВТ) для формирования вихря используют сжатый воздух из заводской или бортовой пневмосети. Получив в ВТ холодный поток с температурой от +20⁰С до -50⁰С (при необходимости, до -120⁰С) и «попутно» горячий – с температурой от 40⁰С до 120⁰С, можно эффективно решать многие технологические задачи [7,8,10,14, 15]. Рассмотрим как ВТ стала серийной продукцией в СССР, России и какой новый облик обретает сегодня эта продукция.

Важнейшая задача для российского экспорта - увеличение доли продукции машиностроения. Решая задачу, нужно выделить технические направления с большим объемом научно-изобретательского задела. А среди них - те, на которых продвижение новейшей продукции не требует существенных затрат времени и средств и не сопряжено с привлечением зарубежных технологий. И, прежде всего, те, на которых наша продукция имеет очевидные преимущества при решении задач энергосбережения. Успех здесь станет своеобразным катализатором для экспортно-ориентированных предприятий-изготовителей, вслед за которыми «подтянутся» и инерционные капиталоемкие отрасли.

Одно такое направление-«катализатор» представлено в этой статье.

Исследование и промышленное использование вихревого эффекта – область, в которой Россия к концу 1980-х располагала неоспоримым преимуществом технологического **лидера**: здесь в последние четыре десятилетия разработана *половина мирового фонда изобретений* и накоплен уникальный объем экспериментальных результатов и конструкторских разработок. Часть задела успешно воплощена в поколениях продукции многоотраслевого использования (см. ниже) [4,17].

К началу 1990-х годов выпуск оригинальных ВТ на российских заводах не уступал объемам производства ВТ США. По совокупности технологических и эксплуатационных характеристик российские «точечные» вихревые воздухоохладители опередили уровень зарубежных, почти не изменившихся с конца 1960-х годов [16]. ВТ применены на тысячах российских предприятий и показали себя как доступное безотказное средство *энергосбережения* в экстремальных условиях использования [6].

Развитие продолжается: недавно введены в эксплуатацию **первые в мире** ВТ из простых многокамерных «вихревых модулей» - основы для разнообразных модификаций изделий (МВТ) универсального и специализированного применения. При «новой индустриализации» этот инновационный продукт получает особую роль в решении задач энергосбережения. Преимущества технологического лидера можно **сохранить**, если коммерциализацию МВТ и новейших вихревых технологий вести быстро и широко, ориентируясь на внутренний и на внешний рынок.

Несколько инновационных проектов 1968-2011г. и последовательное расширение области применения ВТ

«Безотказный безынерционный источник холода и тепла», «не имеющий подвижных частей универсальный генератор холода», «точечный воздухоохладитель для использования в экстремальных условиях» - так писали в конце 1960-х годов о будущем широком промышленном использовании ВТ. В двух странах тогда появились **первые** постоянные производства: простые адиабатные ВТ Фултона (Fulton S.D.) выпускались в США «для любого покупателя», а более совершенные неадиабатные ВТ Азарова использовались в СССР **в первых в мире** серийных транспортных вихревых холодильниках ТВХ [13].

Так более сорока лет назад начался переход от «единичных» изделий к продукции многоотраслевого использования, десятилетиями поставляемой пользователям. Два поколения холодильников ТВХ-14, ТВХ-15, ТВХ-50x2, ТВХ-5 были созданы для кабин экспортных магистральных тепловозов 2ТЭ114, дизель-поездов ДР-1, ДР-П, тракторов, комбайнов, грузовых автомобилей, автобусов (**Рис.1**). Микро-ВТ диаметром 4, 5 и 6мм (табл. 1, пп.1...4) выпускались для холодильников *более 20 лет* – до 1991года [2,7,17].

Как результат двух других проектов в 1970-е годы применена группа одно- и многокамерных ВТ с одно- и двухступенчатым расширением сжатого воздуха - для средств индивидуальной и коллективной теплозащиты в горячих цехах и при ремонтах энергообъектов на АЭС [12].

Наряду с адиабатными ВТ в этой группе были **впервые в мире** представлены многокамерные ВТ с внутренним оребрением вихревой камеры («неадиабатные пластинчатые ВТ Азарова» со 100%-м относительным расходом холодного воздуха (в отличие от «классических» адиабатных ВТ Ранка с расходом холодного потока от 25% до 75% от потребления сжатого воздуха) [9].

В начале 1980-х ВТ этой группы обрели новое – **более широкое** применение: при климатическом тестировании готовой продукции на предприятиях радиоэлектронной и нефтехимической промышленности (табл. 1, пп.5...8) [4].

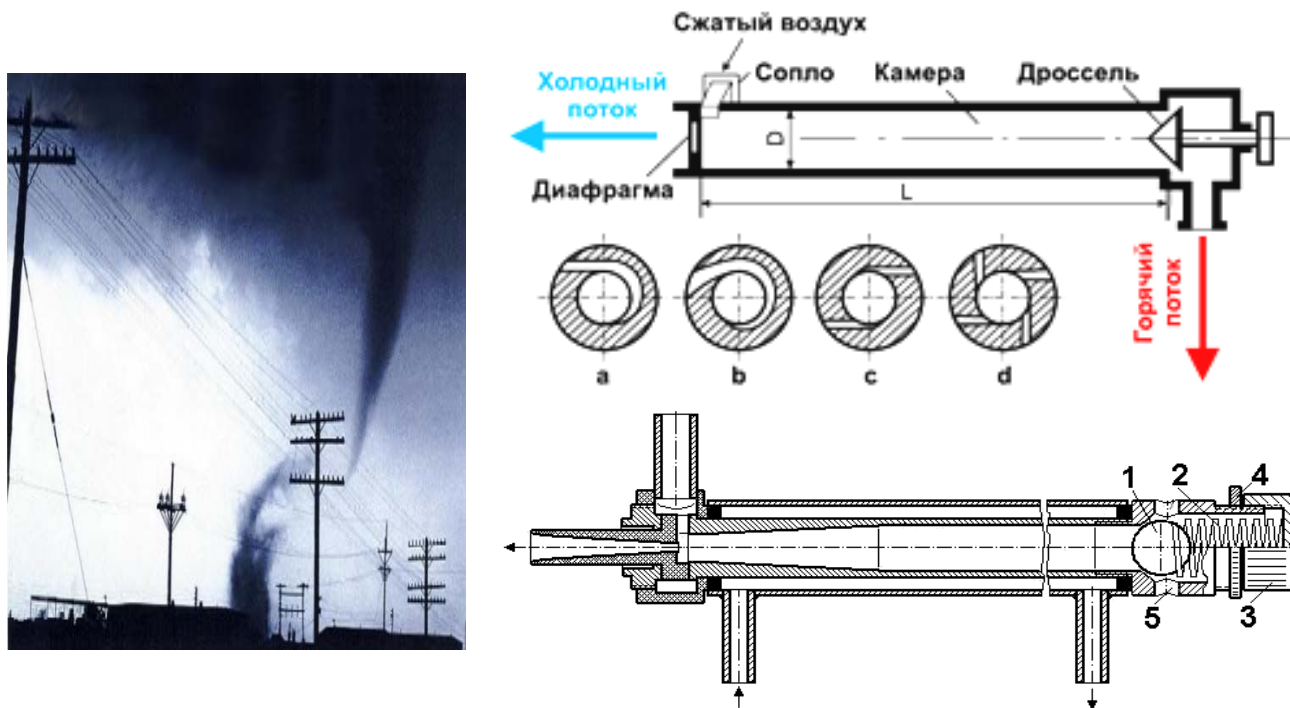


Рис. 1. «Хобот» зарождающегося смерча (слева) и простейшие вихревые аппараты - «точечные» генераторы холода и тепла: сверху справа - схема адиабатной ВТ: а – лотковый ввод для ВТ 1950-х годов; б – спиральный ввод для ВТ, представленных в статье; с и d – многосопловые вводы для ВТ зарубежного производства; внизу справа - первая в мире промышленная неадиабатная (охлаждаемая) ВТ 1960-х годов - с рубашкой на камере и с дросселем, пульсирующим в горячем потоке (микро-ВТ $D = 5$ мм для первых серий холодильников ТВХ-14 1968-1970г.) [1,11]: 1 – шарик; 2 – пружина; 3 – регулятор сжатия пружины; 4 – контргайка-фиксатор; 5 - отверстие для выпуска горячего потока

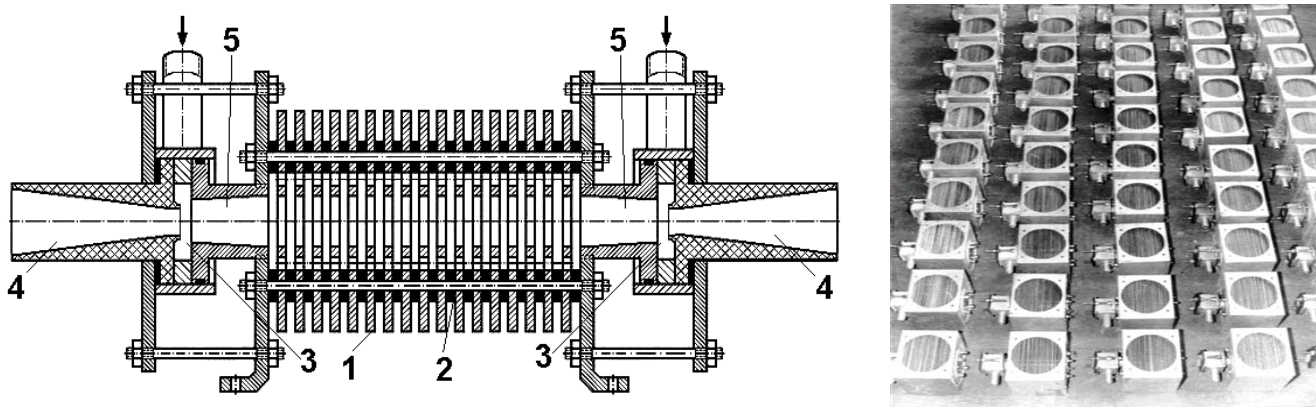


Рис. 2. Первые в мире промышленные неадиабатные ВТ с пластинчатым оребрением вихревой камеры: слева – двухкамерная ВТ марки РВТК-38/2 для климатических камер: 1 – ребро; 2 – прокладка; 3 – улитка; 4 – диффузор холодного потока; 5 – неоребранный конический участок вихревой камеры; справа - серийные многоцелевые ВТ марки РВТК-16/1 на участке сборки готовой продукции - перед установкой вентилятора на кожух, охватывающий «горячее» оребрение вихревой камеры.

Масштабные результаты получены во второй половине 1980-х в многоотраслевом научно-производственном эксперименте **«Посев ноу-хау на промышленном поле страны»**: отраслям, по их запросам, были безвозмездно предоставлены комплекты рабочих чертежей и опытно-промышленные образцы 12 новейших оригинальных моделей. Их получили. 60 заводов, которые своими силами изготовили для себя и смежников первые промышленные партии ВТ: однокамерных и многокамерных, адиабатных и неадиабатных, металлических и пластмассовых, навешиваемых на охлаждаемый объект и встраиваемых в него.

Вскоре, как результат «Посева ноу-хау...», появились и *конкурирующие поставщики серийно изготавливаемой продукции* - «многоцелевых ВТ Азарова»: в Ростове-на-Дону – два завода, в Кириши, Заволжье, Калуге, Ленинграде, Выборге, Вильнюсе и др. Так был инициирован процесс **промышленной экспансии ВТ** [5].

В *самоорганизующемся* процессе «экспансии» определились ёмкие отрасли-потребители (**Рис. 3, 4**) и выделились конструкции ВТ, «предпочтительные» для изготовителей и пользователей (табл. 1, пп.13...16 и 18...20).

К началу 1990-х годов в 6 городах страны 7 серийных заводов-поставщиков выпускали «многоцелевые ВТ Азарова» для многих отраслей-потребителей этой продукции. По неполным данным, в 160 городах тогда более 1000 предприятий-пользователей, применили десятки тысяч многоцелевых ВТ: в Москве - 48 заводов, Санкт-Петербурге – 44, Волгограде – 18 и т.д.

Один из значимых результатов этого процесса: в 1989г. впервые в СССР начался **экспорт** пластмассовых ВТ марки ВВП-20/1 с металлическим камертоном-турбулизатором в камере. Для сравнения: за рубежом выпуск простейших ВТ из пластмасс стартовал на 16 лет позже - около 2005г.

Экспортные поставки ВВП-20/1 велись «напрямую» от изготовителя – производственного подразделения Ростовского поршневого завода, и «косвенно» – на шкафах станков с ЧПУ, которые московский станкостроительный завод «Красный Пролетарий» экспортировал в девять стран Европы и Азии.



Рис.3. Инновационный проект «Посев ноу-хау...». Промышленные многоцелевые ВТ (слева направо): в верхнем ряду однокамерные ВТ – ВТ-20; ВВП-20/1; В201; ВВП-20А; ВВП-20; РВТК-16; в нижнем ряду миниатюрные встраиваемые ВТ, содержащие 2, 6 и 16 вихревых камер – ВВП-10/2; ВЦ056; ВВ058.2.

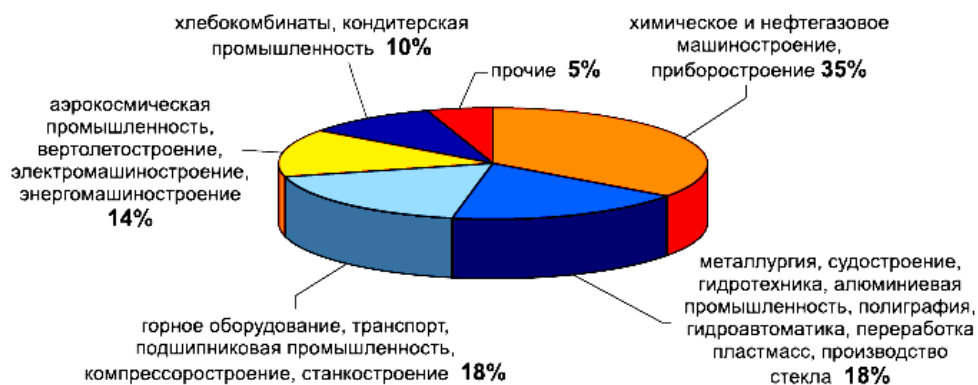


Рис.4. Некоторые результаты осуществления многоотраслевого инновационного проекта «Посев ноу-хау на промышленном поле страны»: на схеме показано как распределились по отраслям учтённые заводы-пользователи.

Другой важный результат «Посева ноу-хау...»: не имеющие аналогов компактные встраиваемые *многокамерные* пластмассовые ВТ марки ВВП-10/2 и В102 изготавливались *более 20 лет* без конструктивных изменений и поставлялись пользователям вплоть до 2011г., несмотря на кризисные явления в обрабатывающих отраслях РФ.

Эти изделия показали высокую *«устойчивость»* такой продукции в условиях формирующейся рыночной экономики. И попутно показали, что обычно несколько миниатюрных ВТ на охлаждаемом объекте *предпочтительнее* одной ВТ «суммарной» холодопроизводительности (см. ниже) [5-7].

Таблица 1. Промышленные вихревые трубы в многоотраслевых инновационных проектах							
Технические характеристики							
№	Маркировка ВТ	Холодопроизводительность максимальная, kW		Области применения (Нумерацию см. в тексте статьи)	Габаритные размеры, мм	Вихревые камеры Диаметр, мм/ /Количество, шт	Дополнительная информация А – адиабатная, П – пластмасса, М – металл, Д – двухступенчатое расширение, ПО – пластинчатое оребрение камер.
		При давлении сжатого воздуха					
		P _c =0.41 МПа	P _c =0.69 МПа				
Инновационный проект «Первые в мире транспортные вихревые холодильники» ВТ, встраиваемые в регенеративный хладоагрегат портативного холодильника							
1	ВТ-05	-	0.07	11	16x40x150	5/1	М, Н
2	ВТ-04	-	0.06	11	52xd36	4/1	М, А
3	ВТ-06	-	0.12	11	52xd36	6/1	М, А
4	ВТ-04А	-	0.03	11	52xd36	4/1	М, А
Инновационный проект «Вихревая испытательная техника» ВТ для температурно-климатического тестирования готовой продукции							
5	ВТ-20	0.5	0.9	10	280x110x110	20/1	М, А
6	ВТ-10.5	0.9 при 2,5МПа		10	150x70x90	10/1+4	М, Д, А,
7	РВТК-38/2	3.0	6.0	10	800x300x500	38/2	М, Н, ПО
8	РВТК-38/4	6.0	12.0	10	800x600x500	38/4	М, Н, ПО
Инновационный проект «Посев ноу-хау на промышленном поле страны» Многоцелевые ВТ однокамерные и многокамерные, металлические и пластмассовые							
9	ВЦ056	0.15	0.3	1, 2, 12	100xD42	5/6	М, А
10	В058	0.2	0.4	1, 6	100x60x35	5/8	М, А
11	В058.2	0.35	0.7	1, 5	100x60x75	5/16	М, А
12	В072	0.1	0.2	9	130x50x18	7/2	П, А
13	РВТК-16/1	0.6	0.9	1	260x180x160	16/1	М, Н, ПО
14	ВТ-20А	0.5	0.9	1,3,5,10	280x110x80	20/1	П, А
15	ВВП-20	0.5	0.8	1, 2, 12	350x80x70	20/1	П, А
16	ВВП-20/1	0.5	0.9	1, 2, 12	360x80x70	20/1	П, А
17	ВВП-20А	0.6	1.1	7	310x60x60	20/1	П, А
18	ВВП-10/2	0.3	0.5	1	270x80x18	10/2	П, А
19	В102	0.3	0.5	1, 2, 6	275x80x20	10/2	П, А
20	В201	0.7	1.1	1,2,6,7	390x80x70	20/1	П, А
Инновационный «Проект МВТ» - новый уровень вихревой технологии. Первые в мире модульные многокамерные многоцелевые ВТ							
а) МВТ «универсального» применения, содержащие один модуль «052» или «102/104»							
21	М052А	0.1	0.2	1-10	92x56x48	5/2	П, А
22	М052В	0.1	0.2	1-10,12	115x56x42	5/2	П, А
23	М052С	0.1	0.2	1-10	105x56x42	5/2	П, А
24	М052D	0.1	0.2	1-10	125x56x42	5/2	П, А
25	М102	0.45	0.75	1-10,12	220x60x60	10/2	П, А
б) МВТ «специализированного» применения, содержащие 1, 2 или 5 модулей «102/104»							
26	М052.2(А,В,С,D)	0.2	0.4	6, 9	150x115x70	5/4	П, А
27	М102.2	0.9	1.5	2, 4, 8	505x150x140	10/4	П, А
28	М104	0.9	1.5	3, 6, 7	290x60x60	10/4	П, А
29	М104.2	1.8	3.0	2, 3, 8	530x150x140	10/8	П, А
30	М104.5	4.5	7.5	2, 3	370x70x170	10/20	П, А

ВТ для «многоточечного» охлаждения

При отсутствии дорогой и энергоемкой центральной системы кондиционирования воздуха в производственном помещении ВТ исключают потребность в локальном применении парокомпрессионных кондиционеров там, где их размещение и обслуживание затруднено или невозможно. При этом весь получаемый в ВТ холод полезно используется в ответственных теплонапряженных зонах охлаждаемого объекта (что недостижимо при центральном кондиционировании большого цеха). В технологической и/или рабочей зоне цеха ВТ поддерживает необходимую температуру локально: при работе рядом с открытым пламенем, сильных вибрациях на охлаждаемом объекте, запыленности, загазованности окружающего воздуха. Распределив миниатюрные ВТ в соответствии с расположением теплонапряженных зон, уменьшают общие затраты на генерацию холода - его получают в минимальном количестве непосредственно в зонах использования (а не в избыточных количествах как в традиционной холодильной технике - при значительных потерях холода при транспортировке охлаждающей среды к объекту).

При этих условиях ВТ – средство *энергосбережения*, исключающее в обоснованных случаях потребность в энергоёмком кондиционировании воздуха во всём объёме большого производственного помещения [5].

При «точечном» охлаждении холодопроизводительности в несколько сотен Ватт иногда бывает достаточно там, где при «общем» охлаждении помещения и объекта в нём потребовалась бы холодопроизводительность в десятки кВт - при «расточительных» энергозатратах на генерацию холода [5].

Эти преимущества актуальны для предприятий, ориентированных на обновление технологий, уменьшение энергоёмкости продукции, улучшение условий труда персонала, повышение безотказности работы блоков электронного управления.

Некоторые области применения ВТ (условная нумерация использована в табл.1)[6]

1. Машиностроение, станкостроение, промышленная электроника - создание «холодных зон» на поверхности или в объеме инструмента и/или материала, охлаждение блоков управления программных станков, автоматических линий, роботизированных участков, безлюдных производств.

2. Горячие и вредные производства – воздушные завесы в рабочих зонах покрасочных камер, кузнечных, гальванических и металлургических производств, глубокие шахты и вентиляция тупиковых забоев.

3. Хранение сельхозпродукции – охлаждение зерна во временных хранилищах.

4. Литейное производство – охлаждение песка в установках с быстро твердеющими смесями.

5. Мебельная промышленность – вдув холодного воздуха в зону фрезерования при изготовлении облицовочных плит и в зону налива лака в лаконоливных машинах.

6. Самоходная техника для жаркого климата – кабины завалочного крана в металлургии, экскаватора на руднике полиметаллических руд, горного комбайна, охлаждение зон в вагончиках бурильщиков.

7. Производство листовых материалов, стекла – раздув холодным потоком полиэтиленовой пленки, охлаждение листовой резины, безынерционное создание холодных зон.

8. Перевозка малых партий фруктов и овощей - автофруктовозы и фруктохранилища на малых судах.

9. Пищевые технологии – охлаждение при нанесении глазури на кондитерскую продукцию в барабанах и при разделении карамели. Охлаждение технологических рабочих зон.

10. Испытательная техника – охладители-нагреватели потоков для климатических камер.

11. Холодильное машиностроение – портативные холодильники, охладители питьевой воды.

12. Транспорт и горная техника.

Обобщение опыта десятилетий: первые модульные многокамерные ВТ

Накопленный опыт производства и применения многокамерных ВТ, позволил сформулировать требования к новому конструктивно-технологическому элементу перспективного ряда ВТ - **«вихревому модулю»**. Модуль должен быть:

- пригоден к сопряжению с другими модулями и доступен для производства как с использованием станков-автоматов или современных высокопроизводительных технологий (литье пластмасс в многоместные формы, лазерная гравировка поверхностей, очерченных по спирали и т.д.), так и в «старт-апе», располагающем только двумя-тремя универсальными станками для механообработки поверхностей, либо станками с ЧПУ;
- снабжён трассировкой горячего воздуха с существенным подавлением шума, чтобы (в большинстве областей применения) исключить необходимость использования глушителей, как дополнительных элементов конструкции;
- пригоден к установке различных насадок на выпуск охлажденного воздуха: для изменения направления холодного потока, эжектирования окружающего воздуха и т.д.;
- сборка модуля и сборка нескольких модулей в готовое изделие должна сводиться к элементарным «отверточным» операциям, доступным при конвейеризации производства.



Рис. 5. МВТ, содержащие «большие» четырёхкамерные и «малые» двухкамерные вихревые модули: слева, сверху вниз - M104; M104.2; M104.5; сверху - M052A, M052B, M052C, M052.2

В основе изделий, предлагаемых «Проектом МВТ» (Табл.1, п.21...30), два модуля с минимальной материалоемкостью, которые отвечают перечисленным требованиям.

В малом модуле с маркировкой «052» - две вихревые камеры диаметром 5мм; в большом модуле «102/104» - две или четыре вихревые камеры диаметром 10мм.

Реализуемый разными изделиями МВТ диапазон холодопроизводительностей – от 0,1кВт до 7,5кВт, см. **Рис.5** (а также **Рис.6**, на котором представлены первые МВТ и некоторые серийные аппараты прошлых лет).

Диапазон холодопроизводительностей разделён на две зоны: **основную** (0,1...0,7кВт) и **дополнительную** (0,8...7,5кВт). Для основной зоны изготовитель будет собирать продукцию в режиме *непрерывного производства*, а для дополнительной зоны – по мере поступления заказов.

Первые МВТ прошли опытно-промышленную «обкатку» на кондитерских фабриках в Санкт-Петербурге и успешно вписались в технологию нанесения шоколадной глазури на орехи, изюм, др. [7].

Глобальный кризис не благоприятствует продвижению «Проекта МВТ» к российским изготовителям экспортной машиностроительной продукции. Но после кризиса преимущество будет у тех, кто заблаговременно освоил новейшие технологии и новую продукцию многоцелевого использования. МВТ «универсального» применения – такая продукция. Она ускорит «промышленную экспансию» вихревой техники и выйдет далеко за перечень применений, приведенный в этой статье.

Информация для изготовителя, приступающего первым к серийному производству МВТ

Для начального - первого этапа освоения «Проекта МВТ» российским изготовителям предложены изделия универсального применения (табл.1, пп.21...25). Производство их целесообразно разместить на предприятии с *многоотраслевыми* связями и опытом поставок наукоемкой продукции на экспорт. Используя налаженные контакты с многочисленными смежниками, такое предприятие способно быстро сформировать портфель заказов на новую продукцию.

- Однако, сегодня производство предстоит начинать в условиях кризиса при минимальных первоначальных затратах на материалы, оборудование, рекламу. Поэтому вероятно, что **первым** изготовителем МВТ будет небольшой старт-ап с 3 сборщиками готовой продукции и 3 станками с ЧПУ, выстроенными в технологическую цепочку. Для него нужно точно оценить возможные *масштабы производства* на первые несколько лет. В табл. 2 приведены результаты расчёта-прогноза для такого старт-апа.

Общее количество процессорных (и подобных электронных) шкафов, работающих в энергетике и металлургии, пищевой и нефтехимической промышленности, автомобиле- и авиационной, станкостроении и других отраслях, не меньше 120000...160000. Из них 25...35% (или 30000...56000 шкафов) требуют введения *более эффективной системы охлаждения*, чем применяемая повсеместно простейшая «внутренняя вентиляция» шкафа.

Включаемая в работу вручную или автоматически такая система (дополняющая вентиляцию шкафа) должна направлять поток *предварительно охлаждённого* воздуха в самые теплонапряжённые зоны и исключать перегревы электроники в периоды с экстремально высокими температурами окружающего воздуха, т.е. исключать появление брака и простоев из-за тепловых отказов.

МВТ универсального применения М102 и М052В для этой системы – доступные по цене, безынерционные и компактные генераторы холода с хорошими перспективами сбыта в разных отраслях промышленности и перспективами экспорта.

В расчёте-прогнозе примем, что:

- **на внутреннем рынке цена М102 и М052В** будет в 2,5...3,5 раза меньше цены ВТ американского производства такой же холодопроизводительности;
- **сумма прямых затрат на изготовление изделия** (на материалы и производственную зарплату) не превышает 7...9% от его цены;
- **за 4 года работы предстоит снабдить:** двумя охладителями М102 - 25% из 30000...56000 шкафов (см. выше); и четырьмя охладителями М052В - ещё 25% из 30000...56000 шкафов;
- полученный в таком расчёте среднегодовой **объём производства М102 и М052В** увеличен ещё на 40% - для учёта потребностей других предприятий - в других отраслях, не упомянутых в этом разделе.

Как показано в табл.2, цена годовой партии изделий при названных условиях превысит 55...130 млн. руб., что соответствует высокой рентабельности старта-апа.

Таблица 2. «Проект МВТ». Изделия М052В и М102. Прогнозируемые технико-экономические характеристики, усреднённые за 4 года производства продукции на старта-апе								
Марка МВТ универсального применения	Цена одного изделия, руб./шт.		Сумма прямых затрат на изготовление одного изделия, руб./шт.		Среднегодовой объём производства, шт./год		Цена годовой партии изделий, млн. руб./год	
	min	max	min	max	min	max	min	max
М052В	3000	4000	125...175	250...350	10500	19600	31,50	78,40
М102	4500	5500	150...200	300...400	5250	9800	23,62	53,90



Рис. 6. «Спираль, разворачивающаяся в будущее» – МВТ и ВТ на выставке инноваций в Санкт-Петербурге.

Итоги и перспективы

- Для отраслей, зависящих от применения искусственного холода, промышленные ВТ – доступное средство энергосбережения, не заменяющее «традиционную» холодильную технику, но успешно дополняющее ее во многих отраслях - **в своей нише** использования.
- Российская промышленность имеет опыт производства и применения **нескольких поколений** ВТ, а не единственного, предложенного зарубежной промышленности Фултоном в 1960-е годы, которое не изменилось за прошедшие десятилетия изучения и совершенствования ВТ.
- Одна из определяющих тенденций эволюции – миниатюризация: уменьшение единичной холодопроизводительности, габаритных размеров ВТ, диаметра используемых вихревых камер. Появление миниатюрных модульных ВТ – это новый шаг к энергосбережению «через миниатюризацию».
- ВТ или МВТ - удобный, но **неавтономный** генератор холода, питаемый сжатым воздухом из заводской (бортовой) пневмосети. Новый этап развития начнётся с появлением технического решения, **исключающего** зависимость ВТ от внешнего источника – пневмосети или шумного дорогого компрессора. Не имеющую подвижных частей холодильную машину - микро-ВТ предстоит укомплектовать не имеющим подвижных частей микрокомпрессором. Работа в этом направлении ведётся.

Послесловие

В июне 2011г. ректор Санкт-Петербургского университета информационных технологий, механики и оптики В. Васильев так охарактеризовал состояние экономики РФ:

«Нет системного взаимодействия между бизнесом, государством и высшей школой. Во всём мире этот треугольник работает очень слаженно, а у нас он вовсе отсутствует. Воспитывать учащихся нужно на крупных проектах, как это было в СССР. Неслучайно советская наука поднималась именно тогда, когда решались глобальные задачи. Сейчас таких проектов нет. В условиях капитализма задачи должен ставить бизнес, пусть и совместно с государством. В России этого не происходит».

На сайте компании «Новые технологии» (СПб) можно прочитать такое пессимистическое высказывание: «К сожалению, научная среда России по вихревым трубам представляет собой сегодня «выжженную территорию»...

Как показано в статье, территория не «выжженная» - имеется **огромный задел** изобретений и разработок, и задел этот готов к быстрой коммерциализации. Но, как несколько десятилетий назад, у РФ по-прежнему нет действующей системы коммерциализации изобретений и научных знаний – системы, успешно работающей в развитых странах; системы, без которой немыслимо инновационное развитие.

Так «быть или не быть» масштабному производству МВТ в России? Ответ прост: «Быть, если начнётся реальное возрождение важнейших отраслей-потребителей МВТ: станкостроения, гражданского авиапрома, электронного приборостроения, сельскохозяйственного машиностроения и т.д.

Дополнительная информация:

Азаров Анатолий Иванович - Заслуженный изобретатель Латвийской ССР, действительный член Российской академии естественных наук, член-корреспондент Санкт-Петербургской Инженерной академии, Почётный академик Международной академии холода. Автор более 300 научных работ, в их числе - 160 изобретений в области промышленного использования вихревого эффекта, холодильного, энергетического и транспортного машиностроения, технической акустики. Разработчик проектов и изобретений, осуществленных во многих отраслях промышленности. Изделия, сконструированные Азаровым, несколько десятилетий находятся в серийном производстве и используются тысячами предприятий в стране и за рубежом. В аппаратах, представленных в тексте, таблице 1 и на рисунках, применены изобретения по авт. свид. СССР № 33445, 334449, 334450, 435419, 456118, 470684, 585376, 606044, 630964, 641245, 769233, 775877, 892146, 1011960, 1016638, 1099193, 1255825 и др.; по патентам РФ № 2067266, 2177590 и др.; и промобразцы № 1825, 53357, 53358 и др.

Литература

1. **Азаров А.И.** Охлаждаемая вихревая труба с нестационарным горячим потоком // Холодильная техника и технология. Киев: Техника, 1973. - №17. - С.41-44.
2. **Азаров А.И.** Вихревой холодильник для кабины машиниста // Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленного применения: Труды I научно-технической конференции - Куйбышев, 1974.1. С.95-99.
3. **Азаров А.И.** Обобщенная характеристика вихревого холодильника // Холодильная техника и технология. Киев: Техника, 1979.-№28. – С.29-31.
4. Азаров А.И. Вихревые охладители для промышленной электроники // Межвуз. сб. науч. тр. Л.:ЛТИХП, 1989. С.135-141.
5. **Азаров А.И.** Вихревые трубы: энергосбережение как фактор инновационного процесса // Межвузовский сборник научных трудов: Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС. Санкт-Петербург: СПб ГТУРП, 2006. С.42-52.
6. **Азаров А.И.** Многоцелевые вихревые воздухоохладители: исследование масштабов промышленного использования // Вестник МГТУ им. Баумана. Серия Машиностроение. Специальный выпуск Криогеника, 2000. С.93-99.
7. **Азаров А.И.** Вихревые трубы в промышленности. Изобретатель – машиностроению. Энергосбережение и вихревой эффект: исследование и освоение инновационных проектов. Санкт-Петербург. Издательство ЛЕМА. 2010г. 170с.
8. **Азаров А.И., Алексеев В.П., Быков А.В., др.** Холодильные машины: Справочник / Легкая и пищевая промышленность, 1982. С. 188-199 (Раздел Вихревые охладители).
9. **Азаров А.И., Кротов П.Е.** Исследование двухкамерной оребренной вихревой трубы // ИФЖ, 1988.- том 55. - №3. С.363-366.
10. **Азаров А.И., Кузьмин А.А., Муратов С.О.** Расчет предельных температурно-энергетических характеристик противоточной вихревой трубы // В сб.:Вихревой эффект и его применение в технике.- Куйбышев: КуАИ, 1988. С.23-27.
11. **Азаров А.И., Муратов Г.О., Самойлюк Г.П.** Температурно-энергетические характеристики маломасштабных вихревых труб // Холодильная техника и технология. Киев: Техника, 1979. - №28. -С.26-28.
12. **Алексеев В.П., Азаров А.И., Дроздов А.Ф., Кротов П.Е.** Новая вихревая техника для средств охраны труда // Вихревой эффект и его применение в технике: Материалы 4-й Всесоюзной научно-технической конференции. Куйбышев: КуАИ, 1984. С.104-111.
13. **Бабакин Б.С., Выгодин В.А.** Бытовые холодильники и морозильники. Справочник. М.: Колос, 2000. С.455-456
14. **Мартынов А.В., Бродянский В.М.** Что такое вихревая труба? М.: Энергия, 1978. 153с.
15. **Меркулов А.П.** Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1997.
16. **Azarov A.** Qualimetric method of comparison of refrigerating systems according to the totality of their technological and operational characteristics // International Conference Resources saving in food industry. - St.Petersburg.-1998 P. 143-144.
17. **Alekseev V.P., Azaroff A.I.** Development, investigation and application of non-adiabatic vortex tubes (B2.41)//14 International Congress of Refrigeration / Moscow.-1978.-Vol. II.- P. 997-1004.