

Общество с ограниченной ответственностью

«Фарадей»

УДК 620.9 621.314

Госрегистрационный номер 01201151909

Инвентарный номер

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный Директор
ООО «Фарадей»

_____ А.В.Фролов

«07 » февраля 2011 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«Исследования по созданию вихревого преобразователя тепловой энергии в электроэнергию»

(заключительный)

Шифр темы «Компрессор»

На 70 листах

Руководитель темы

Генеральный Директор

ООО «Фарадей» _____ Фролов Александр Владимирович

подпись дата

«7» февраля 2011 года.

Тула 2011

РЕФЕРАТ

Отчет содержит 70 страниц, 26 рисунков, 1 таблицу, 1 график. При составлении отчета использовано 15 литературных источников информации.

Ключевые слова: конверсия энергии, центробежный вихревой преобразователь энергии.

Объект исследований в данной работе – метод преобразования низкопотенциальной тепловой энергии среды, и конструкторские решения по созданию преобразователя энергии, работающего по данному методу. Цель работы состоит в определении способов преобразования тепловой энергии среды механическим путем, с использованием упругого рабочего тела, и конструировании автономного источника энергии на основе данного способа.

Методология проведения работы следующая: рассмотрев основные известные технические решения в области исследований, предлагается авторская теоретическая модель, производится расчет основных параметров процесса, и затем разрабатывается комплект конструкторской документации для изготовления экспериментальной конструкции преобразователя энергии. Испытания экспериментальной модели позволят внести коррективы в теоретическую модель. Результатом работ должна стать работоспособная концепция преобразования энергии, доказанная экспериментальным путем.

По степени внедрения данного объекта исследований в России и за рубежом, открытых данных нет. Аналоги рассмотрены в данном отчете.

Разработка рекомендуется к внедрению в качестве автономного, не требующего топлива, источника механической энергии, в том числе, для применения в роли силовых установок транспортных средств. Может использоваться в качестве привода электрогенератора, для энергоснабжения потребителей электроэнергии, мощностью от 10 кВт до 10 МВт.

Значимость данной работы в промышленном масштабе можно оценить при анализе затратной составляющей на топливо, которая снижает эффективность всех видов транспорта, и увеличивает себестоимость продукции, в том числе строительных работ и сельскохозяйственной продукции. Предлагаемое решение устраняет эту затратную составляющую.

На данном этапе (НИР), разрабатывается конструкторская документация для изготовления экспериментального образца. Для развития объекта исследований, предлагается в следующей работе (ОКР) обеспечить конструирование опытного образца преобразователя энергии, на основе которого будет организовано серийное производство автономных источников энергии для эффективного решения производственных и оборонных задач.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	11
1. Описание объекта исследований.....	11
1.1. Выбор направления исследований.....	11
1.2. Анализ состояния проблемы.....	11
1.2.1. Фотоинверсия.....	12
1.2.2. Химическая инверсия.....	12
1.2.3. Механоинверсия.....	13
1.2.4. Гравиинверсия.....	13
1.2.5. Термоинверсия.....	13
1.2.6. Электроинверсия.....	14
2. Обоснование физических принципов работы преобразователя энергии.....	14
2.1. Концепция К.Э. Циолковского.....	14
2.2. Работы Г.Н. Буйнова.....	14
2.3. Концепция конверсии энергии П.К. Ощепкова.....	15
3. Анализ научно-технического задела.....	17
3.1. К истории вопроса.....	17
3.2. Проекты Виктора Шаубергера.....	19
3.3. Экспериментальная модель преобразователя энергии Ричарда Клема.....	23
3.4. Схемное решение Леопольда Шержью.....	26
3.5. Концепция Ю.С. Потапова.....	27
3.6. Центробежный генератор Харди.....	29
3.7. Центробежный преобразователь энергии Богомолова.....	30
3.8. Открытие Академика Е.В.Александрова.....	33
3.9. Молекулярный двигатель.....	33
3.10.Сведения по воздушному преобразователю энергии Хаскела.....	37
3.11.Сведения по преобразователю энергии «ЕF9».....	37
4. Сопоставительный анализ, преимущества и недостатки различных методов.....	38
5. Определение характера и содержания теоретических исследований.....	39
6. Обоснование выбора оптимального варианта конструкторского решения.....	39
7. Описание принципа действия предлагаемой конструкции преобразователя энергии.....	40

8. Методика расчета и расчет основных параметров преобразователя энергии.....	44
8.1. Условия ускоренного движения рабочей жидкости.....	44
8.2. Расчет ускорения и мощности.....	46
8.3. Эффективность работы центробежно-вихревого преобразователя энергии...52	
8.3.1. Первая турбина.....	52
8.3.2. Вторая турбина.....	53
8.3.3. Третья турбина.....	53
8.3.4. Суммарная мощность.....	55
8.4. Ориентировочный расчет гидравлических потерь.....	56
8.5. Расчет влияния перепада статического давления воздуха.....	58
8.6. Расчет мощности, исходя из рабочего перепада давления.....	61
8.7. Конструктивные предложения по уменьшению потерь.....	64
9. Обоснование необходимости проведения экспериментальных работ.....	67
10. Ожидаемые результаты.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	70

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты:

1. Общие требования и правила оформления чертежей конструкторской документации соответствуют ГОСТ 2.105-95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам» (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 8 августа 1995 г. № 426).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяются следующие термины с соответствующими определениями:

1. Преобразователь – центробежный вихревой преобразователь тепловой энергии окружающей среды в электроэнергию.
2. Низкопотенциальное тепло – рассеянная тепловая энергия среды, в частности, воздуха.
3. Тепловой насос - устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически, тепловой насос представляет собой обращённую холодильную машину.
4. Рабочая жидкость, жидкая рабочая масса, рабочая масса – вода, масло или другое жидкое вещество, используемое в центробежно-вихревом преобразователе энергии. Имеет инерциальную массу, что существенно для использования в инерциальных процессах, например, при вращении и ускоренном движении.
5. Упругое рабочее тело – азрированная рабочая жидкость, в которой имеется примесь воздуха. Обладает упругостью, что существенно для накопления потенциальной энергии в виде упругих деформаций.
6. Рабочая смесь – упругая смесь жидкости и газов, используемая в качестве инерциальной рабочей массы.
7. Азрированная смесь или жидкость – поток жидкости, включающий пузыри воздуха.
8. Коэффициент усиления мощности - соотношение кинетической энергии потока рабочей жидкости на выходе сопла ротора к кинетической энергии, которую необходимо затратить на создание вращения рабочей жидкости, поступающей в ротор.
9. Ламинаризация потока воздуха или жидкости – уменьшение или полное устранение турбулентности потока, выражается в уменьшении энтропии потока, при выравнивании векторов скоростей движения молекул среды в одном направлении.
10. Эфир (эфирная среда) – по определению Менделеева, это универсальная газообразная среда, состоящая из частиц, имеющих массу, намного меньше массы атома водорода, подробнее в статье [1]. Эфир, связанный с частицей материи, обуславливает ее массу покоя и эффект инерции тела, который проявляется при ускоренном движении тела. Обладает физическими свойствами, в том числе, упругостью.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ТЕРМИН		ОБОЗНАЧЕНИЕ	
Ускорение свободного падения	-	g	(м/с ²)
Нормальное ускорение	-	a	(м/с ²)
Длина участка ускоренного движения	-	h	(м)
Угловая скорость вращения	-	ω	(рад/с)
Частота вращения	-	n	(об/мин).
Линейная скорость движения	-	V	(м/с)
Скорость потока жидкости	-	v	(м/с)
Энергия	-	E	(Дж)
Мощность	-	P	(Ватт)
Мощность первой турбины	-	P_1	(Ватт)
Мощность второй турбины	-	P_2	(Ватт)
Мощность третьей турбины	-	P_3	(Ватт)
Мощность, затрачиваемая на входе	-	$P_{затрат}$	(Ватт)
Расход жидкости объемный	-	N_1	(м ³ /с)
Расход жидкости по массе	-	N_2	(кг/с)
Плотность рабочей жидкости	-	ρ	(кг/м ³)
Кинематическая вязкость воды	-	ν	(м ² /с)
Длина пути жидкости вдоль оси ротора	-	X	(м)
Угол наклона витка винтовой спирали	-	α	(градус)
Угол поворота крыльчатки	-	β	(градус)
Сечение трубки	-	S	(м ²)
Диаметр трубки	-	D	(м)
Радиус вращения	-	R	(м)
Средняя критическая скорость	-	$(V_{сред})_{крит}$	(м/с)
Масса	-	m	(кг)
Коэффициент гидравлического трения	-	λ	
Коэффициент сопротивления потоку	-	C_d	
Давление	-	p	(Н/м ²)
Критическое число Рейнольдса	-	$Re_{кр}$	

ВВЕДЕНИЕ

Оценим современное состояние решаемой научно-технической проблемы. Источники энергии имеют различные области применения, из которых можно выделить две основные: энергоснабжение жилых и производственных объектов, а также, транспорт. Актуальность рассматриваемой темы состоит в том, что источники энергии, использующие углеводородное топливо, в частности, газотурбинные электростанции, котельные, и двигатели внутреннего сгорания, применяемые на транспорте, уже не могут удовлетворять растущие потребности в качественном развитии техники, и энергетики в целом. В настоящее время растет спрос на новые технологии в области энергетики, в том числе, на транспорте. Топливные решения, в настоящее время, уже не являются единственно возможным методом энергоснабжения. Требуется принципиально менять концепцию энергоснабжения. Современные разработки в области энергоснабжения должны обеспечивать потребителя энергией меньшей себестоимости, причем технологии должны отвечать более жестким экологическим стандартам. В связи с этим, активно развиваются новые виды транспорта (гибридные и электромобили), а в области энергоснабжения широко применяются тепловые насосы.

Ранее, в России и за рубежом, проводились эксперименты с целью получения добавочной кинетической энергии потока воды или воздуха, за счет преобразования тепловой энергии окружающей среды, но не ставилась задача организации серийного производства преобразователей энергии, способных работать в автономном режиме для энергоснабжения потребителя. Известные технические решения авторов, разработавших экспериментальные преобразователи центробежно-вихревого типа, показаны в пункте 3 данного отчета.

Новизна предлагаемой разработки заключается в применении центрифуги, как специальной части ротора, а также, обоснование применения упругой рабочей смеси газа и жидкости. Назначение центрифуги рассмотрено в пункте 8, содержащем расчеты мощности преобразователя. Предлагаемое техническое решение задачи ускорения вращения ротора, позволит применить разработку в широком спектре серийно выпускаемой продукции для рынка энергетики и силовых установок транспортных средств. Данное решение сочетает в себе метод создания условий для ускорения рабочей жидкости при движении в роторе, конструктивных элементов, обеспечивающих передачу кинетической энергии потока рабочей жидкости ротору, что приводит к увеличению его крутящего момента, а также условия передачи кинетической энергии струи

рабочей жидкости после выходе из сопла ротора, что необходимо для дополнительного увеличения крутящего момента ротора. В роторе, конструктивно, создано три типа турбин, взаимодействующих с потоком жидкости: винтовая, реактивная и турбина с крыльчатками.

Аналогов предлагаемой конструкции нет. Основанием для разработки темы является Договор №1 от 11 января 2011 года между ООО «Фарадей», г. Тула и ООО «Вихревые термопреобразователи энергии», г. Курган. В состав данного отчета входят только эскизы предлагаемой конструкции, а полный комплект конструкторской документации, выполненный по ГОСТ 2.105-95, передается Заказчику отдельно, в сроки, согласно указанного Договора.

Теоретические исследования в данной области не могут дать полного ответа на все вопросы и особенности преобразования тепловой энергии среды в полезную механическую работу, поскольку ряд факторов в теоретической модели не поддается точному расчету. Требуется провести НИР, построить, и испытать экспериментальную модель, провести измерения, необходимые для уточнения теоретической модели, и получить более детальное представление о параметрах процессов, которые в дальнейшем, можно будет использовать для проектирования образцов серийной продукции.

В связи с этим, в ходе данной НИР планируется рассчитать и сконструировать экспериментальную модель преобразователя тепловой энергии среды, и затем, в ходе ее испытаний, выйти на новый уровень исследований по данной теме, а именно, получить проверенные экспериментально данные о параметрах теоретической модели.

Основные конструктивные характеристики предлагаемой экспериментальной модели следующие:

- Корпус имеет габариты, заданные Заказчиком.
- Ротор преобразователя имеет спиральные трубки, по которым подается жидкость.
- В центрифуге, путем смешивания жидкости и воздуха при кавитации, создается аэрированная смесь, имеющая необходимые физические свойства, в частности, необходимую упругость.
- Запуск (начало вращения ротора) обусловлен подачей жидкости под давлением в ротор, для этого используется внешний центробежный насос.

- Выход жидкости из ротора через тангенциальные сопла ротора обеспечивает крутящий момент ротора.

- При достижении номинальных оборотов, создается рабочий перепад давления на входном патрубке ротора, благодаря чему, жидкость поступает самотеком. После этого, насос может быть отключен, а к электрогенератору можно подключать полезную нагрузку.

Технологические особенности экспериментальной конструкции: основные узлы и детали изготавливаются из нержавеющей стали, бронзы и меди. Специфических деталей или материалов нет. Подшипниковые узлы конструируются на базе стандартных комплектующих.

Основные технико - эксплуатационные характеристики экспериментальной модели:

- Расчетная мощность на валу электрогенератора должна составить не менее 10 (кВт) при частоте вращения $n = 3000$ (об /мин).

- Время непрерывной работы не ограничено.

- Планируется использовать в качестве рабочей жидкости воду, хотя в процессе испытаний, могут быть выявлены недостатки данного варианта, и предложены другие типы рабочей жидкости, например, масло.

Патентных данных по задаче в целом нет, но существуют патенты, в которых рассматриваются составляющие предлагаемой технологии, в частности, патенты Виктора Шаубергера [12, 13]. Анализ патентов позволяет применить описанные в них методы для целей предлагаемой разработки.

Для метрологического обеспечения НИР потребуется следующее оборудование: тахометр, мановакууметр и измеритель температуры жидкости. Пределы измерения скорости вращения вала ротора от 10 (об/мин) до 5000 (об/мин). Пределы измеряемого давления в трубопроводе, по которому в ротор подается рабочая жидкость $10^4 - 5 \cdot 10^6$ (Н/м²). Пределы измеряемой температуры рабочей жидкости составляют от 10 градусов Цельсия до 180 градусов Цельсия.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Описание объекта исследований

1.1 Выбор направления исследований

Общая задача исследований и конструирования находится в области технических решений автономного энергоснабжения. В предлагаемой разработке учтены рекомендации Заказчика по реализации метода преобразования тепловой энергии среды в электроэнергию **путем создания вихревых процессов в центробежных механических машинах**. Данный выбор направления исследований позволяет использовать производственные возможности Заказчика для реализации предлагаемых конструктивных решений.

1.2 Анализ состояния проблемы

В настоящее время развивается два основных направления, которые относятся к использованию низкопотенциальной тепловой энергии окружающей среды.

Первое направление широко известно: **тепловые насосы, которые обеспечивают перенос тепла** и его концентрацию, в классическом цикле сжатия и расширения рабочего газа (низкотемпературной кипящей жидкости). Тепловые насосы бытового применения, обычно, расходуют 1 (кВт) электроэнергии для переноса в дом 4 (кВт) тепловой энергии, используя воздушный, водяной или земляной контур теплообмена с окружающей средой. К этому же направлению относятся работы американской компании Разер Технолоджи (Raser Technologies) по созданию низкотемпературных геотермальных электростанций, для работы которых не требуется наличие природных источников горячей воды или пара. Технология включает в себя бурение скважин глубиной 150-200 метров, в которых циркулирует соляной раствор. Температура раствора, поднимаемого на поверхность, составляет 75-80 градусов Цельсия, и этого достаточно для работы низкотемпературной хладоновой турбины, вращающей электрогенератор. Для примера отметим, что объект, построенный по данной технологии, мощностью 11 (МВт) уже работает на Аляске, хотя там нет природных геотермальных источников воды и пара.

Развитие технологии тепловых насосов, рано или поздно, позволит создать автономные источники замкнутого цикла, но техническое решение осложняется необходимостью применения низкотемпературной хладоновой турбины. Данные устройства имеют высокую себестоимость,

являются стационарными, и серийно не выпускаются для небольших мощностей. Отметим экологичность данного метода. Последствия внедрения данных технологий были показаны еще в 1952 году, К.А.Путиловым в известном «Курсе физике» [2]. Он писал, что если внедрить технологию поглощения тепла из окружающей среды, то «... как показывает простой расчет, мы могли бы приводить в движение все машины, находящиеся во всех странах света, и только через 1700 лет заметили бы, что температура воды в Мировом океане снизилась бы на одну сотую градуса».

Второе направление развития технологий в данной области образуют устройства прямого преобразования тепла окружающей среды в электроэнергию или механическую работу. Рассмотрим классификацию основных методов инверсии тепловой энергии среды.

1.2.1 Фотоинверсия. Известны свойства некоторых веществ (люминофоров) переизлучать падающий на них свет, но с иной, увеличенной длиной волны (это, так называемая, «стоксова люминесценция»). Существует и другой процесс: уменьшение длины волны переизлученного света, то есть увеличения энергии квантов, после отражения от люминофора (это так называемая «антистоксова люминесценция»). Прибавка к энергии квантов происходит, в данном случае, за счет трансформации собственной тепловой энергии люминофора в энергию люминесцентного излучения. **Из-за отбора тепловой энергии люминофор охлаждается, и понижение его температуры компенсируется притоком теплоты из окружающей среды.**

Следовательно, энергетическая прибавка в люминесцентном излучении происходит, в конечном счете, за счет концентрации тепловой энергии окружающей среды, и эта прибавка может быть очень значительной. Теоретически, она может достигать 160%, то есть люминофор может выдавать энергии на 60% больше, чем получает ее в виде облучения. В настоящее время ведутся интенсивные работы по практическому применению этого эффекта (охлаждение объектов, люминесцентные мазеры, люминесцентное фотоумножение).

1.2.2 Химическая инверсия. Энергетически открытые каталитические системы обладают способностью накапливать энергию, и существовать в неравновесном термодинамическом состоянии. Этот процесс возможен, благодаря сочетанию экзотермической реакции, протекающей на катализаторе, с эндотермической реакцией (охлаждения) катализатора. Эти способные к самоподдержанию и самовосстановлению химические реакции, реализующиеся на поглощении рассеянной теплоты среды, открывают перспективы создания новых технологических процессов.

Существуют современные гальванические элементы, работающие на эндотермических реакциях. Энергия для протекания этих реакций отбирается от кристаллической решетки атомов материала конструкции, в силу чего корпус элемента охлаждается, и к нему непрерывно стекает (концентрируется) тепловая энергия окружающей среды. Следовательно, электрическая энергия в таком химическом источнике энергии, частично, обусловлена поглощением энергии окружающей среды.

1.2.3 Механоинверсия. Существуют различные способы использования кинетической энергии молекул воздуха, тепла воды и других источников низкопотенциального тепла. Эти устройства могут быть пассивные или активные. К активным относятся устройства, использующие струйные (поточные) технологии. **Объект исследований в данной НИР относится к методам механоинверсии тепловой энергии среды, путем использования потока рабочей жидкости.**

1.2.4 Гравинверсия. Поскольку гравитационное поле делает среду неоднородной, то это должно вносить «искажения» в термодинамический процесс выравнивания состояний, характеризуемый показателем возрастания энтропии. Это обстоятельство отмечали Максвелл и Циолковский, которые высказали идею о том, что в атмосфере под воздействием гравитационного поля должен возникать вертикальный градиент температур. Циолковский предсказал, что указанный градиент должен зависеть от молекулярного состава газа.

Теория данного процесса, в настоящее время, подробно разработана Профессором В. Ф. Яковлевым, который рассчитал зависимость градиента температур от молекулярного состава газа. На основе этого эффекта, им, совместно с Е. Г. Опариным, предложена идея принципиально нового генератора энергии, состоящего из двух труб, наполненных разными газами. Температура газов в верхней части труб будет существенно отличаться, и это можно использовать для получения энергии, к примеру, с помощью термоэлементов.

1.2.5 Термоинверсия. Данный метод можно рассмотреть на примере поршневого двигателя, работающего на впрыскивании в камеру с цилиндром негорючего сжиженного газа (азот, гелий). Давление расширяющегося газа будет двигать поршень, при этом цилиндр будет охлаждаться, а к нему устремится поток тепловой энергии из окружающей среды. Работа такого двигателя, в сумме, будет складываться не только из работы расширяющихся газов, но также и будет отмечена некоторая **прибавка мощности, создаваемая за счет использования (поглощения) тепловой энергии окружающей среды.**

1.2.6 Электроинверсия. В данной области исследований, большие надежды связаны с полупроводниковыми преобразователями тепла в электроэнергию. Существуют и другие методы. Николай Емельянович Заев запатентовал **способы концентрации энергии окружающей среды путем использования свойств нелинейного конденсатора и нелинейного ферромагнетика. В нелинейных циклах заряда – разряда, или намагничивания – размагничивания, создаются условия для прямого преобразования тепловой энергии среды в электроэнергию.**

2. Обоснование физических принципов работы преобразователя энергии

2.1. Концепция Циолковского

Константин Эдуардович Циолковский, кроме развития концепции ракетной техники, интересовался вопросами устройства «тепловой машины» Вселенной. Ему, как и другим здравомыслящим исследователям, казалось странным положение ортодоксальной классической физики о незыблемости закона рассеяния тепла и однонаправленного увеличения энтропии.

В своей статье «Второе начало термодинамики» [3], он ссылается на постулат Клаузиуса, который писал о теплоте следующее: «Теплота не может сама собой перейти от более холодного тела к более тепловому» [4]. Из этого замечания, Циолковский делает вывод о существовании возможности отбора тепла у среды, но при выполнении определенных условий.

Это замечание дает основания искать способы преобразования тепла окружающей среды в Природе, в частности, подробнее изучать вихревые процессы в жидкостях и газах, в которых наблюдается конверсия тепловой энергии среды.

Далее, рассматривая в своей работе [3] энергию молекул газа, находящихся в поле тяготения, Циолковский показывает, что этого потенциального поля достаточно для того, чтобы в столбе газа сформировались неравновесные условия по давлению и температуре, а следовательно, без затрат стало возможным обеспечить совершение полезной работы. В предлагаемой конструкции центробежного преобразователя энергии, используется похожий принцип, но вместо гравитационного поля планеты, конструктивно создается намного более мощное поле центробежной силы.

Циолковский писал: «... невозможно оказывается отрицать *perpetuum mobile* второго рода, ибо сам мир не отрицает этого». «Перпетуум мобиле» второго рода, о котором пишет

Циолковский, это термин Оставаляда, который означает машину, работающую за счет уменьшения энтропии среды, то есть, поглощения тепловой энергии среды.

Выводы: Мы полностью согласны с идеями Циолковского, и предлагаем конкретное техническое решение в данной области исследований.

2.2. Работы Буйнова Г.Н

Геннадий Никитич Буйнов в своих работах [5 – 9] показал аналитические закономерности замкнутых циклов газов в открытых физических системах. Он считал, что понятие «энтропии» физического смысла не имеет, эта функция полезна в расчетах, но может «терпеть разрыв». Буйнов указал на возможность самоорганизации потенциальных систем при самопроизвольном уменьшении энтропии. Им математически доказана возможность энергетически беззатратного возрастания потенциальной энергии в технических устройствах, которые конструктивно являются закрытой системой, но имеют теплообмен с внешней средой.

Буйновым разработаны, и предложены к промышленной реализации несколько видов промышленных энергоустановок: промышленный концентратор тепла окружающей среды на основе циклического взаимопревращения гидрида титана, тепловой циклический преобразователь смеси аммиака и воды, использующий обычную паротурбинную установку, и тепловая турбоустановка, работающая по замкнутому процессу, и заправленная четырехокисью азота.

Выводы: Технические предложения Г.Н. Буйнова используют неравновесные состояния газа и смесей газов, что не относится к области механоинверсии, которая нас интересует в рамках данной НИР. Тем не менее, его теоретические выводы полезны при анализе процессов преобразования тепла окружающей среды в полезную работу.

2.3. Концепция конверсии энергии П.К. Ощепкова

Конверсией тепловой энергии окружающей среды, в России, активно занимались П.К. Ощепков, А.Ф. Охатрин, Е.Г. Опарин и другие исследователи. Профессор Павел Кондратьевич Ощепков известен, как разработчик российских систем радиолокации. В 1967 году Профессор Ощепков создал Общественный институт по проблеме энергетической инверсии, в Москве, при Комитете по рациональному использованию материальных ресурсов.

Профессор Ощепков писал: *«Едва ли не самой дерзновенной мечтой человечества является овладение процессами естественного круговорота энергии в природе. Энергия также неуничтожима, как и несотворима, поэтому совершенно естественно, что процессы рассеяния энергии и процессы ее сосредоточения существуют в единстве. Есть люди, которые утверждают, что эта идея противоречит закону термодинамики. Это неверно. Второй закон термодинамики, оправдавший себя в тысячах и тысячах случаев, указывающий путь при решении многих научных и технических задач, - безусловно правильный закон для любой замкнутой системы. Оспаривать справедливость его для этих систем просто бессмысленно. Но в реальном мире абсолютно замкнутых систем нет. Мир бесконечен во времени и пространстве, и взаимодействие между материальными субстанциями происходит по более сложным законам, чем второе начало термодинамики. Открыть эти законы суждено науке грядущего. Использование процесса естественного круговорота энергии в природе на благо человечества не несет с собой угрозы перегрева поверхности Земли, так как оно не может изменить теплового баланса нашей планеты. Оно свободно и от радиоактивной опасности, от загрязнения атмосферы продуктами сгорания. Оно несет с собой несравнимое ни с чем изобилие энергии, составляющей главную основу жизни... Необходимость решения проблемы использования процессов естественного круговорота энергии в природе - это веление нашего времени».*

Профессор Ощепков ввел термин «кэссор», обозначающий концентратор энергии окружающей среды. В литературе по данной теме, встречается сочетание «С-кэссор», обозначающее конденсаторный (емкостной) преобразователь тепловой энергии среды в электроэнергию, например, по технологии Н.Е.Заева.

Задачи, которые ставил Профессор Ощепков, выходят за рамки обычных тепловых насосов. Он писал: «Энергетика будущего, на мой взгляд, это энергетика электронная. Она должна решить самую важную задачу - не просто брать тепло из окружающего пространства, но преобразовывать его в электроэнергию. В этом я вижу величайшую научно-техническую проблему современности. Научная и инженерно-конструкторская мысль ищут пути для ее решения».

Сотрудники «Общественного института по проблеме энергетической инверсии», создали теорию, и выполнили расчеты по конструированию электронных установок для получения электрического тока в результате преобразования энергии окружающей среды. Ими созданы и работают несколько экспериментальных электронных установок, преобразующих энергию окружающей среды непосредственно в электрический ток.

Профессор Ощепков писал: «На алтарь затратной экономики министерства и ведомства долгие годы приносили и продолжают приносить невосполнимые природные богатства - уголь, нефть, газ. Мало того, что их запасы на глазах истощаются, они и превосходное ценное сырье для химической промышленности. Их сжигают в топках электростанций, загрязняя атмосферу, что может вызвать, в конце концов, катастрофический «парниковый эффект», который с точки зрения опасности для человечества ученые ставят в один ряд с термоядерной катастрофой. Есть еще один парадокс традиционной технологии в энергетике - огромная энергия сначала производится в одном месте, а затем ее по дорогостоящим и не всегда надежным линиям электропередачи транспортируют нередко за тысячи километров к потребителю. Если это квартира, то... к лампочке. Не слишком ли сложно и расточительно? **Все можно организовать иначе, проще, дешевле, надежнее, эффективнее. Пусть мощные энергосистемы обеспечивают электроэнергией крупные заводы и производства. Массового же потребителя, особенно в сельской местности Севера России и Сибири, можно снабдить мини-установками, преобразующими энергию среды в электричество мощностью один-два киловатта. Этого достаточно, чтобы обеспечить одну квартиру энергией для освещения, отопления и прочих нужд. Размер одной такой установки - не более настольной лампы. Если человечество хочет жить в гармонии с окружающей средой, оно должно сделать все, чтобы научиться получать энергию, не нарушая экологического равновесия в природе.** Эти слова актуальны и сегодня, в 2011 году.

3. Анализ научно-технического задела

3.1 К истории вопроса

Рассматривая центробежные машины с реактивным эффектом, можно обратиться к идеям известного изобретателя и ученого прошлого, вспомнить конструкцию турбины Герона Александрийского. В трактате «Пневматика», примерно 120 лет до нашей эры, Герон описал различные машины, приводимые в движение сжатым воздухом или паром за счет реактивного эффекта. Рисунок данной машины показан на Рисунке 1.

Турбина Герона использует давление пара, получаемое при сжигании топлива. Таким же древним способом, работают и все современные паровые и другие газотурбинные машины, на которых основана топливная энергетика. Цикл «сжигание – нагрев – давление» простой, но требует расхода топлива, что требует затрат ресурсов от потребителя энергии. Новизны не будет, даже если заменить вид топлива, и сжигать не уголь, в водород.



Рисунок 1. Паровая турбина Герона Александрийского.

«Давление пара» - эти важные слова знают все энергетики и машинисты паровозов. Они знают, что для создания давления пара в системе надо тратить топливо, чтобы греть воду, тогда будет вращаться турбина электрогенератора. Существует другой вариант создания давления – это центробежное давление, оно создается без топлива, при небольших затратах мощности привода на раскручивание инерциальной массы. Это известно тысячи лет, и периодически, изобретается заново.

Примерно в 1760 году, двигатель, основанный на реактивном действии вытекающей воды, изобрел Иоганн Андреас фон Зегнер (Johann Andreas von Segner). Зегнер не ставил перед собой задачу получения автономной работы. Он применил метод использования центробежной силы для ускорения ротора водяной мельницы - машины, которая производила полезную работу при подаче в нее струи воды. В такой машине можно создавать большое давление струи на выходе, так как оно увеличивается за счет действия центробежной силы, и растет, при росте скорости вращения турбины. В основе многих предлагаемых машин есть общий принцип реактивной турбины - «Сегнерова колеса», в русском произношении. Принцип Сегнерова колеса можно представить по схеме, показанной на Рисунке 2.

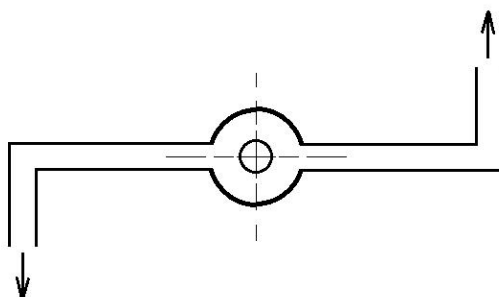


Рисунок 2. Ротор Сегнера. Вода входит через ось вращения.

При условии, что вода поступает в ротор самотеком, такой ротор будет раскручиваться за счет реактивного эффекта, и самоускоряться, пока в него поступает вода. В центре, вдоль оси, поток воды движется с меньшей скоростью, чем на выходе, поэтому сечение трубы на входе должно быть больше суммарного сечения всех сопел. Отметим, что кроме крутящего момента, в конструкции создается парный эффект – реактивная осевая тяга.

Итак, мы ставим задачу получить ускорение воды за счет центробежной силы. Это означает прирост ее кинетической энергии, которую затем мы сможем использовать на крыльчатках турбины или другим способом. Для выполнения этих условий, необходимо **позволить воде при движении ускоряться за счет влияния центробежных сил.** При этом, оптимальной траекторией ее движения является логарифмическая спираль переменного радиуса, показанная на Рисунке 3. Некоторые современные центробежные насосы и вентиляторы уже имеют именно такую конструкцию лопастей и траекторию движения рабочей массы. В упрощенном варианте, движение массы воды по любой плоской или конусной спирали с увеличением радиуса, дает воде возможность ускоряться, и создавать крутящий момент для ротора. Возможно использование воздуха в роли рабочей массы, но он намного легче воды, поэтому для достижения одинаковой мощности, скорость вращения воздушной турбины должна быть значительно больше, чем скорость вращения водной турбины, а это требует более качественного изготовления вращающихся деталей машин и обработки (полировки) некоторых частей корпуса.

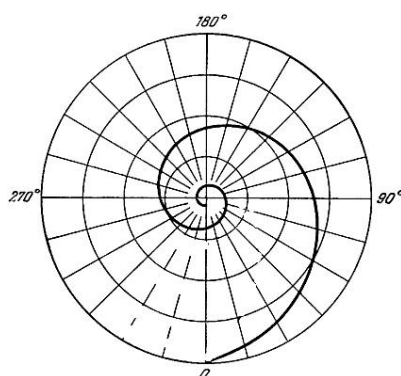


Рисунок 3. Логарифмическая спираль.

3.2 Проекты Виктора Шаубергера

Рассмотрим проект самовращающегося генератора энергии Шаубергера, хотя данный автор известен также по его знаменитым конструкциям движителей для летательных аппаратов. В наши

задачи не входит рассмотрение способов создания активной (нереактивной) движущей силы, поэтому мы рассмотрим изобретения Виктора Шаубергера (Viktor Schaubergger), только как конструктивные решения, практически полезные для разработок новых источников энергии. Однако, отметим, что в машинах данного типа, обычно, создаются обе компоненты движущей силы (осевая и тангенциальная), что позволяет использовать такую центробежную машину и в роли источника энергии, и в роли активного (нереактивного) движителя, например, для авиации, морского, речного, автомобильного или железнодорожного транспорта.

На фотографии, Рисунок 4, показана оригинальная установка и Виктора Шаубергера, которая несколько лет обеспечивала его дом электроэнергией и теплом.

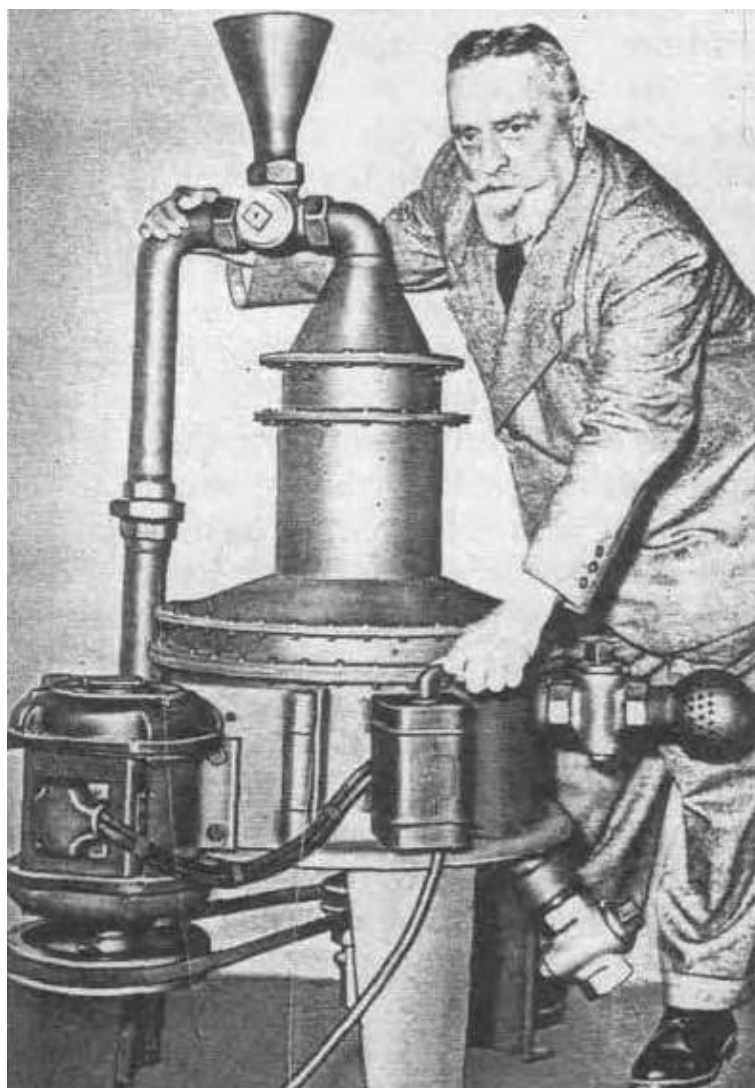


Рисунок 4. Виктор Шаубергер и его «домашний генератор».

Отметим, на Рисунке 4, в правой нижней части конструкции, показан шарообразный воздушный фильтр, соединенный с краном, регулирующим поступление воздуха в систему. Слева, в нижней части фотографии, показан электрогенератор, соединенный ременной передачей с валом центробежно-вихревой машины Шаубергера. Сверху показана воронка, используемая для налива воды. Она соединена с возвратным трубопроводом, по которому циркулирует вода.

Несколько моделей генераторов Шаубергера и оригинальные детали его конструкций сохранились в музее в Австрии. На Рисунке 5 показана открытая установка.

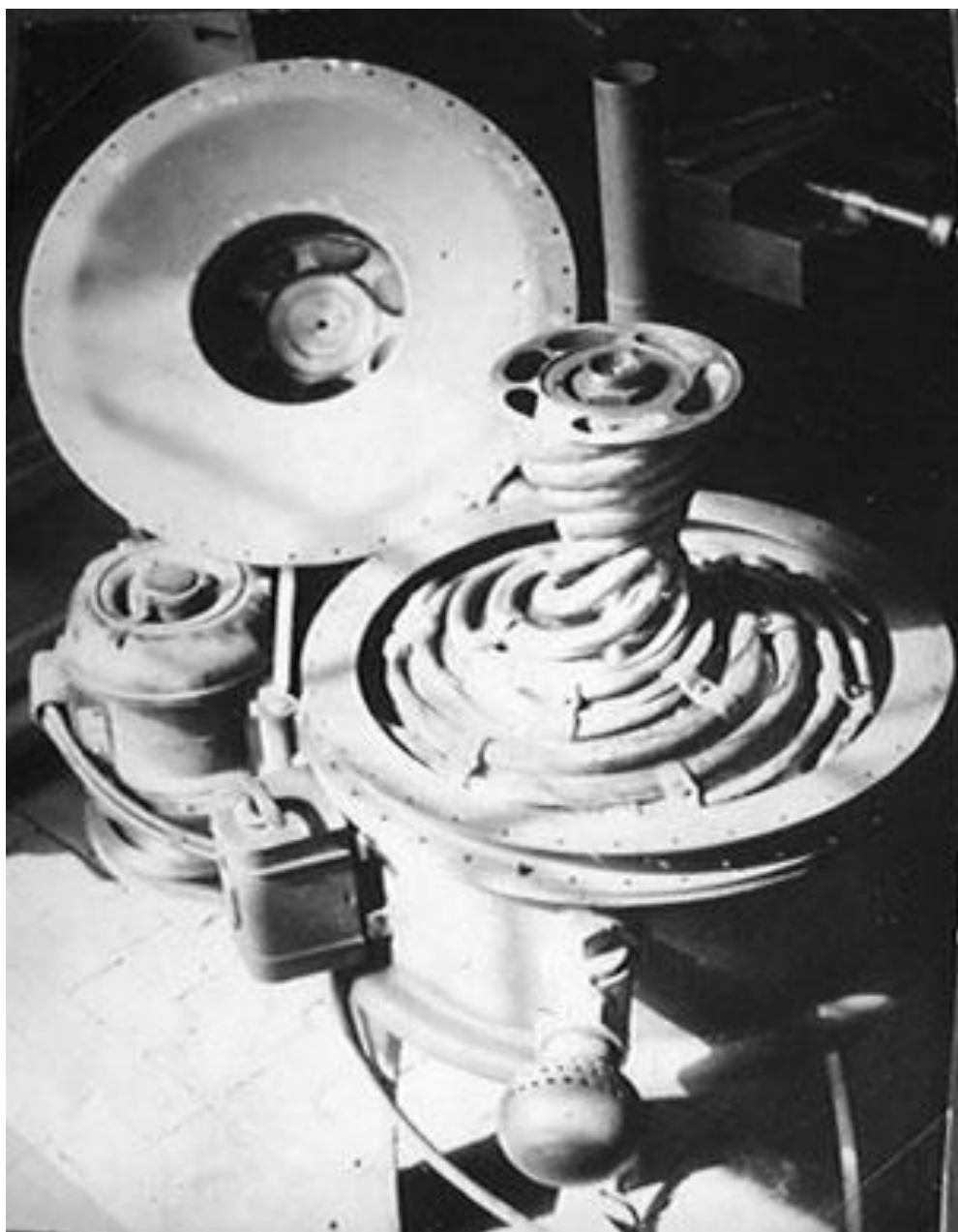


Рисунок 5. Устройство ротора. Фото из музея Шаубергера, Австрия.

Ротор включает медные трубки, огибающие конус. Вход воды происходит сверху в узкой части конуса. В описании работы данной машины отмечалось, что, кроме воды, в медных трубках всегда есть небольшое количество воздуха, и это условие рассматривается, как необходимое для успешной работы устройства. При настройке машины, было важно подобрать, с помощью клапанов и кранов управления, требуемое сочетание воды и воздуха в трубках.

Вторая интересная особенность конструкции сопла машины: в ней применялась микротурбина, которая не вращается, но создает вращение воды на выходе из трубки. На Рисунке 6 показана фотография оригинальной машины Шаубергера, в той части конструкции, где расположено сопло. Рядом с трубкой, лежит микротурбина Шаубергера, описанная в патенте [13].



Рисунок 6. Сопло на конце трубки «домашнего генератора» Шаубергера.

Данное техническое решение широко применяется конструкторами устройств, в которых требуется увеличить скорость движения реактивной струи на выходе из сопла.

Известно, что устройство Шаубергера не только выходило на режим самовращения, но и создавало большую осевую (вертикальную) силу тяги. Одно из устройств Шаубергера, при испытаниях, взлетело, пробило крышу, и разрушило часть здания.

Фотографии Виктора Шаубергера и его устройств, в данном отчете, публикуются с разрешения семьи Шаубергера, которое получено в январе 2011 года Фроловым А.В.

Выводы: в работах Виктора Шаубергера есть существенные для конструирования решения по снижению гидродинамических потерь, и созданию упругой рабочей смеси путем смешивания воды и воздуха.

3.3 Экспериментальная модель преобразователя энергии Ричарда Клема

Рассмотрим другой известный и достоверный пример реализации технического устройства, которое относится к интересующей нас теме: мотор Клема (Clem motor), использующий центробежную силу для создания режима самовращения. В 1972 году, Ричард Клем работал оператором тяжелой дорожной техники в Далласе, США. Он заметил, что обычный разбрызгиватель горячего асфальта продолжает вращаться еще час после того, как отключают его привод. Ось данной машины вертикальная, а ее **ротор имеет конусную форму**. Клемм не знал теории, он начал изучать вопрос эмпирически, и построил самовращающийся «мотор Клема».

На Рисунке 7 показана принципиальная схема такого генератора, который может использовать центробежную силу, создающуюся при движении жидкой массы по конусной расширяющейся траектории, в целях увеличения крутящего момента ротора.

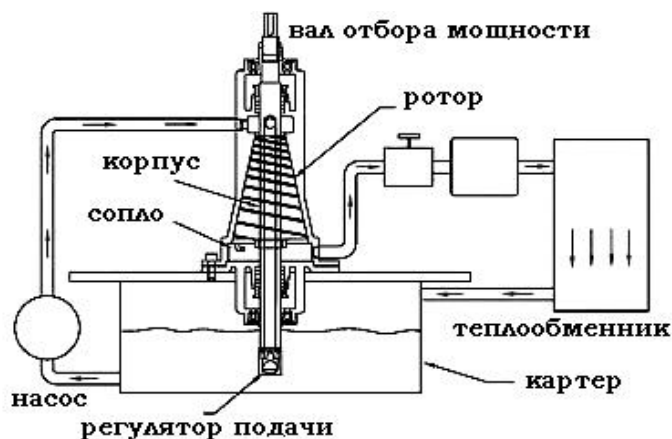


Рисунок 7. Вариант принципиальной схемы генератора Клема.

Это общая идея, без конструкторской проработки деталей, и она не была проверена экспериментально. Отметим, что в конструкцию входит теплообменник.

На Рисунке 8 показана предполагаемая схема данной конструкции, и возможное устройство ротора. Конусный ротор располагается в конусном корпусе, и имеет спиральные каналы. Эти каналы, предназначенные для движения жидкости, проходят вдоль конуса, и заканчиваются на его основании в виде сопел (форсунок).

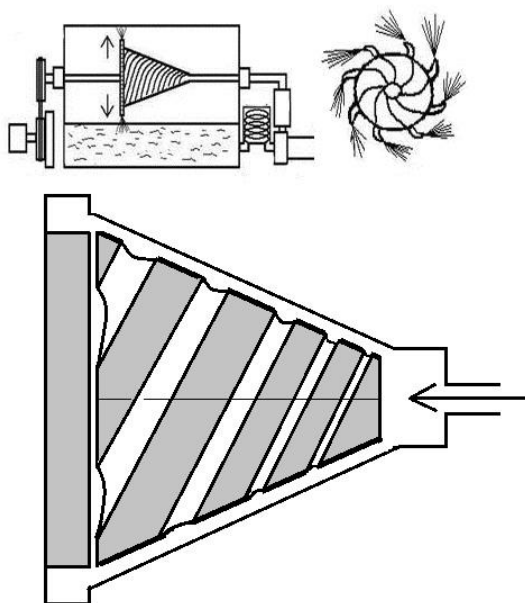


Рисунок 8. Принцип работы привода Клема. Вариант конструкции.

Рекомендации по созданию аналогичных конструкций заключаются в том, что надо «дать жидкости возможность укоряться», поскольку на нее действует центробежная сила. Для этого спираль (канал, по которому движется жидкость) должна иметь увеличение шага при увеличении радиуса, а также желательно увеличивать сечение канала, по которому идет жидкость, по мере приближения к соплу.

Здесь есть несколько факторов, влияющих на работоспособность устройства. Суть не только в реактивном эффекте Сегнера. Ускорение движущейся по спирали жидкости, взаимодействующей с ротором, приводит к тому, что она передает ротору момент вращения. На входе в ротор, скорость жидкости равна скорости вращения ротора. На участке траектории перед

соплом, **жидкость движется быстрее ротора** (прибавка скорости обусловлена центробежным эффектом, аналогом ускоренного падения тела в поле силы тяготения).

Таким образом, **ротор ускоряется**, а при определенной скорости вращения, внешний привод можно отключать, и машина переходит в режим генератора энергии. Для оптимального использования кинетической энергии струи после выхода из сопла, в конструкции целесообразно применить наклонные отражатели – лопасти крыльчатки турбины.

Таким образом, в данной конструкции есть три ключевых аспекта:

А. Ускорение жидкости, при наличии возможности увеличения радиуса ее движения под действием центробежной силы, приводит к тому, что она движется быстрее ротора, и сообщает ему дополнительный крутящий момент, при наличии винтовой траектории канала, по которому движется жидкость.

Б. Реактивный эффект Сегнера ускоряет ротор.

В. Реактивное взаимодействие массы воды, которая уже вылетела из сопла и «работает» с крыльчаткой турбины, закрепленной на роторе, дополнительно ускоряет его вращение.

Отметим, что Ричард Клем построил машину, которая использовала пищевое масло «Мазола» (Mazola), так как **жидкость при работе нагревалась до +150 градусов по Цельсию**, и вода, в данном случае, закипала. В реальной конструкции Клема, жидкость нагнеталась в полый вал при давлении около $2 \cdot 10^6$ (Н/м²), проходила по тесным спиральным каналам конуса и выходила через сопла. Это заставляло конус вращаться. Скорость вращения вала в конструкции Клема достигала 2300 (об/мин). Для охлаждения использовался теплообменник (радиатор).

Известно, что первый мотор не выдержал нагрузок, и вышел из строя. Второй вариант двигателя Клем сделал более прочным, часть его показана на Рисунке 9, фото слева. В данном варианте, мотор имел мощность примерно 250 (кВт), и весил около 90 кг. Клем установил свой мотор на автомобиль, и демонстрировал его работу в поездках. Аккумулятор в конструкции автомобиля был, но он использовался только для старта мотора и работы фар автомобиля. По словам автора изобретения, энергетическая установка «состояла из семиступенчатого насоса и конвертора».

Насос, как его характеризовал автор, использовался для «подачи масла под давлением из хранилища в конвертор, где энергия конвертировалась в силу, достаточную для вращения мотора».

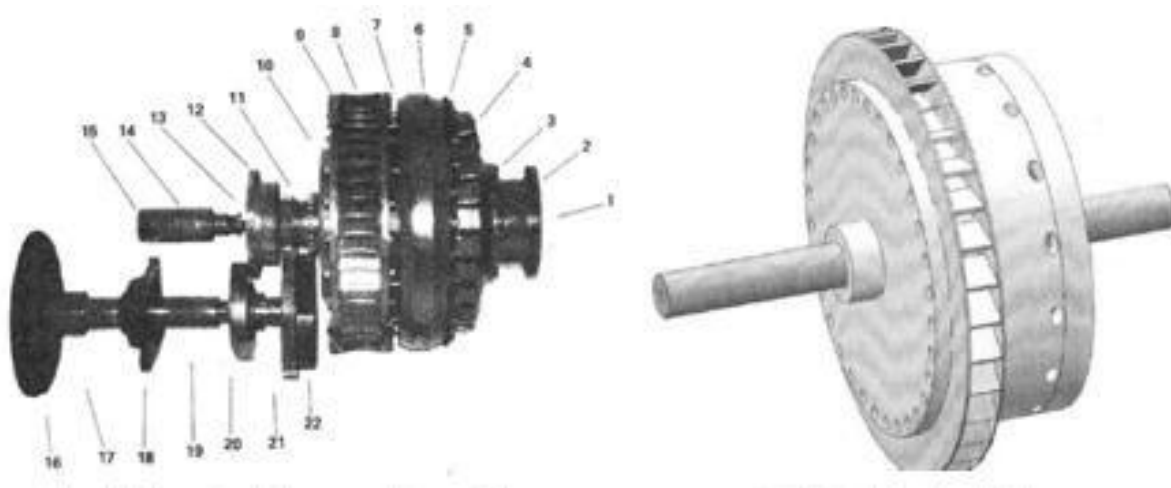


Рисунок 9. Слева на фото: детали оригинальной конструкции.

Справа – компьютерная модель.

Итак, принцип работы мотора Клема состоял в том, что рабочая жидкость (масло) проходило по каналам с ускорением, что увеличивало крутящий момент ротора, и возвращалась в накопительный бак, оттуда поступала в теплообменник, затем вновь продолжался цикл. Конвертор, то есть преобразователь энергии, действовал подобно турбине, но «не являлся турбиной в обычном смысле этого слова», как говорил Клем.

Двигатель Клема тестировался корпорацией «Бендикс» (Bendix Corporation). Тест заключался в подключении двигателя к динамометру для измерения мощности, генерируемой двигателем в режиме самовращения. Двигатель испытывался при мощности под нагрузкой на уровне 250 (кВт), в течение 9 дней подряд.

Известно, что после успешных тестов, автор получил заказы на изготовление нескольких таких машин для угольной компании, но эти производственные планы не были реализованы.

Вывод: особенности эксплуатации устройства Клема, которые нам известны, показывают важную роль формы ротора, а также теплообменника, что особенно важно при построении компактной силовой установки для применения на транспорте.

3.4 Схемное решение Леопольда Шержью

Известна еще одна попытка создания центробежно-вихревого преобразователя энергии. Общая схема самовращающейся гидравлической машины, предложенной Леопольдом Шержью, показана на Рисунке 10. Машина не была успешно реализована, поскольку в ней есть существенные недостатки. Схема Шержью очень похожа на конструкцию Ричарда Клема, но у машины Шержью нет конусного ротора. По-моему, данный недостаток является критическим.

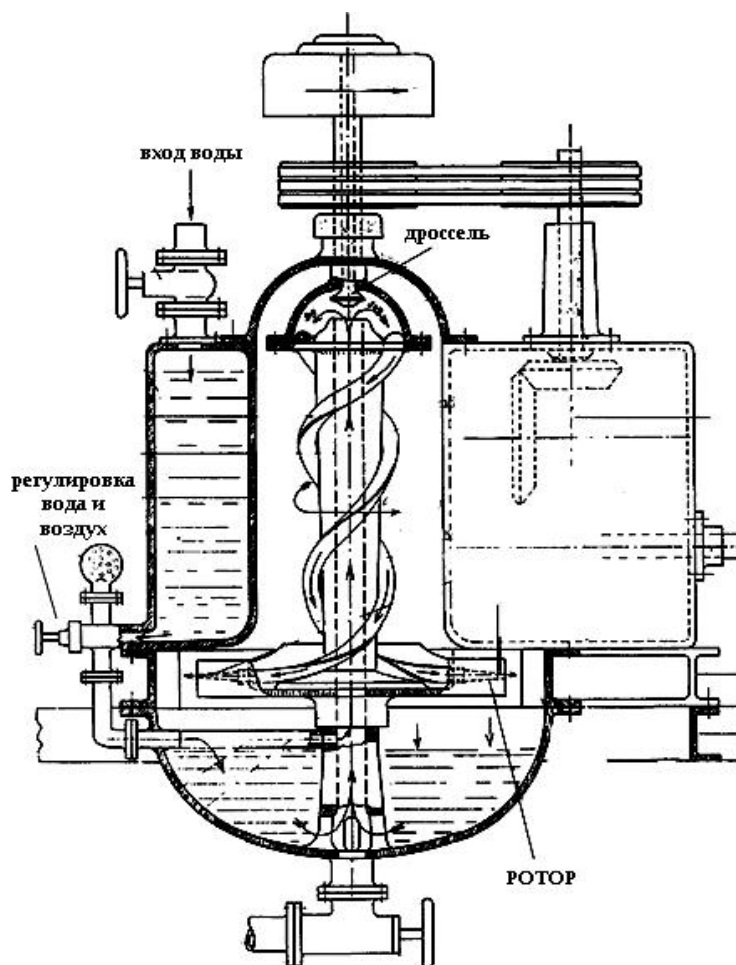


Рисунок 10. Принципиальная схема генератора Леопольда Шержью.

Отметим, слева на Рисунке 10, показан кран регулировки подачи воздуха, а также, воздушный фильтр. В машине Шержью, основная часть ротора имеет постоянный радиус, поэтому у рабочей жидкости нет возможности двигаться ускоренно, с увеличением радиуса вращения. Только в нижней части ротора, жидкость выходит из трубок в радиальном направлении, и поступает в тангенциальные сопла. Крутящий момент при этом создается, но относительно

небольшой, так как основного элемента, а именно, «конусного ротора», в конструкции не предусмотрено.

Выводы: при оптимизации конструкции, необходимо задать такую траекторию движения жидкости, при которой радиус вращения жидкости постепенно увеличивается, желательнее по траектории логарифмической спирали, что дает возможность увеличения радиальной компоненты скорости жидкости за счет влияния центробежной силы.

3.5 Концепция Ю.С. Потапова

Практические успехи в области создания энергетически автономных устройств, можно рассмотреть на примере «квантовых тепловых электростанций» Потапова. Схема такой электростанции показана на Рисунке 11. В них происходит не только нагрев жидкости, но и вырабатывается электроэнергия, необходимая для насосов и внешнего потребителя.

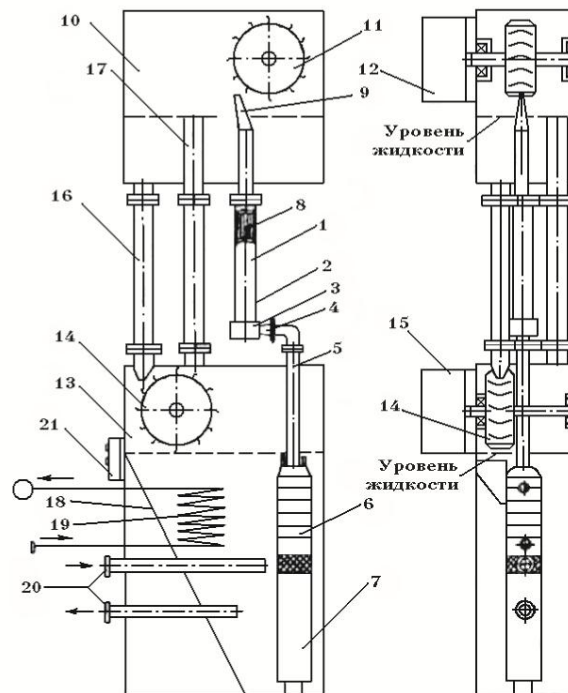


Рисунок 11. Схема двухступенчатой электростанции КТЭС Потапова.

Принцип действия данной электростанции следующий: насос 6 качает воду в устройство завихрения, называемое «циклон» 3, а после ускорения воды выходит через сопло 9 на гидротурбину 11, которая соединена с электрогенератором. В нижней емкости 13 установлена

вторая гидротурбина 14, также связанная с электрогенератором. На выходе из сопла 9 вихревого теплогенератора температура рабочей среды составляет порядка 70 – 100 градусов Цельсия и давление 8 – 10 атм. Этот поток обеспечивает работу первой турбины.

Турбина в нижней емкости приводится в действие жидкостью, перемещающейся под действием собственного веса из верхней емкости. Таким образом, одновременно с производством тепловой энергии, в установке вырабатывается электрическая энергия.

Получение электроэнергии и тепла по данному методу не требует никаких затрат топлива, ее производство является экологически чистым. Данными по заводу-изготовителю, протоколам испытаний и опыту эксплуатации таких электростанций мы не располагаем.

Выводы: в рассмотренной схеме Потапова, отмечено совместное проявления тепловых эффектов и избыточной кинетической энергии, при использовании центробежных машин. Схема отличается от других устройств тем, что в ней применяется двухкаскадное преобразование кинетической энергии потока жидкости в целях повышения эффективности.

3.6 Центробежный генератор Харди

В качестве перспективного направления поиска решения задачи автономного энергоснабжения, рассмотрим еще один пример.

На Рисунке 12 показано фото турбины, применяемой в эксперименте, и его схема (справа). Автор Джеймс Харди (James D. Hardy) получил патент [10]. Конструкция достаточно примитивная, «домашнего» изготовления.

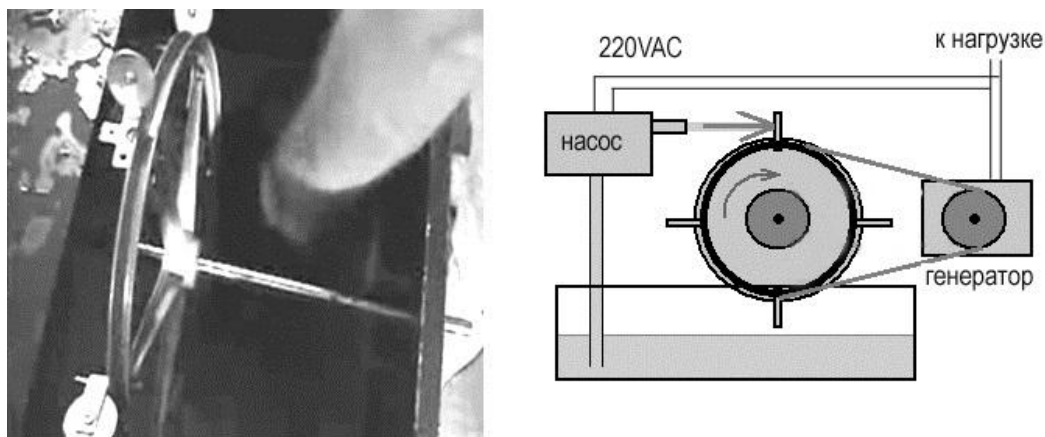


Рисунок 12. Схема эксперимента Харди и фото колеса турбины генератора.

Информация о параметрах используемого насоса: для эксперимента применялся насос высокого давления от компактной автомобильной мойки высокого давления, питание от сети 220VAC. Такие насосы создают струю воды с давлением около 10^7 (Н/м²).

Производительность насоса, который использовал Харди, составляла около 350 - 600 литров воды в час. Мощность потребления насоса составляла примерно 1 (кВт/час), а мощность, которую можно получить от турбины, если полностью использовать кинетическую энергию такого потока воды, равна примерно 25 (кВт). По экспериментальным данным, автору удалось получить режим автономной работы. Электрогенератор, соединенный с турбиной, и насос, работали в автономном режиме, обеспечивая электропитание нескольких осветительных ламп, выполняющих роль полезной нагрузки. По особенностям конструкции отметим, что, при прямом соединении с валом генератора, турбина в данном эксперименте вращалась недостаточно быстро, чтобы обеспечить вращение электрогенератора с требуемым числом оборотов в минуту. В целях увеличения числа оборотов электрогенератора, на валу турбины был установлен маховик большого диаметра для ременной передачи на вал генератора, который имеет меньший диаметр.

Вывод: рассмотренная конструкция доказывает возможность получения избыточной кинетической энергии потока жидкости, создаваемой центробежным насосом высокого давления.

3.7 Центробежный преобразователь энергии Богомолова

Известен центробежный преобразователь энергии, изобретенный Вячеславом Ивановичем Богомоловым, Санкт-Петербург. Экспериментальный образец был изготовлен, и испытан в ООО «Фарадей», 2003 год. Схема устройства показана на Рисунке 13, в данном случае, пружина свободна. На Рисунке 14 показан преобразователь энергии в состоянии сжатой пружины.

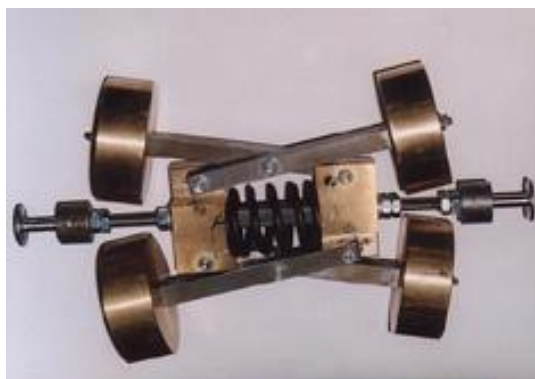


Рисунок 13. Фото центробежного преобразователя энергии Богомолова.



Рисунок 14. Фото центробежного преобразователя энергии Богомолова.

Конструкция простая: два груза расположены таким образом, что при вращении они смещаются на больший радиус вращения, и тем самым, сжимают пружину.

Суть изобретения Богомолова в том, что в предложенном им методе преобразования энергии, **центробежные силы сжимают пружину или другое упругое тело**, в фазе раскручивания, при этом электромотор, вращающий преобразователь, работает в режиме электропривода. Затем, в фазе генерирования энергии, когда груз вращается по инерции, пружина распрямляется, переводя грузы на меньший радиус вращения, при этом, потенциальная энергия освобождается, переходя в кинетическую энергию, увеличивая крутящий момент на валу электромотора, который в данной фазе работает в режиме генератора энергии.

Данное устройство было проверено в эксперименте без привода, при движении вниз и вверх по направляющим, в поле силы тяготения. На Рисунке 15 показана схема эксперимента.

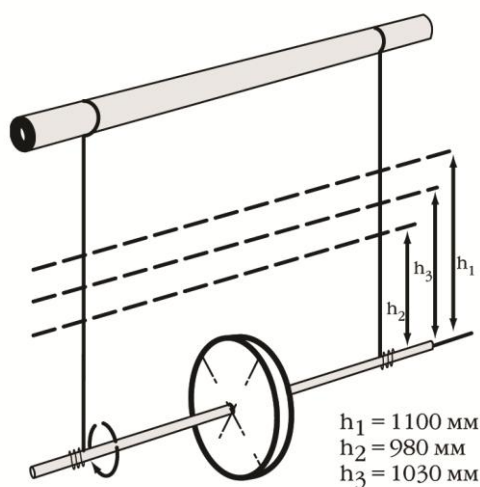


Рисунок 15. Эксперимент Богомолова.

Для приведения в исходное состояние, две нити накручиваются на ось устройства, показанного на Рисунке 15, при этом оно поднимается на исходную высоту. При освобождении, устройство ускоренно движется вниз, начиная с исходной высоты, в нижней точке останавливается, а затем, по инерции, начинает движение вверх, но не достигает исходной высоты. В ходе эксперимента, измеряются и сравниваются исходный уровень и уровень, до которого устройство поднимается после отражения от нижней точки. Отметим, что при движении вверх и вниз, устройство вращается, то есть, создаются центробежные силы, сжимающие пружину.

В данном эксперименте было показано, что при падении вниз с высоты 1100 мм, после прохождения нижней точки, устройство вновь поднимается, на высоту 980 мм, в том случае, если пружина была зафиксирована распоркой, то есть не сжималась центробежными силами. В другом случае, когда пружина при движении сжималась под действием центробежных сил, а при уменьшении скорости вращения, **пружина распрямлялась, ее освобожденная потенциальная энергия сжатия преобразовывалась в крутящий момент ротора.** В этом случае, после падения с той же высоты 1100 мм, после прохождения нижней точки, устройство поднималось на высоту 1030 мм. Разница 1030 мм и 980 мм доказывает наличие эффекта преобразования энергии, при использовании пружины, сжимаемой центробежными силами при вращении.

Данный эксперимент многократно повторялся для накопления статистических данных. Точность измерений в эксперименте составляла 10 мм. На Рисунке 16 показано фото эксперимента. Подробнее, о работах В.И.Богомолова можно прочитать в журнале Новая Энергетика [11].

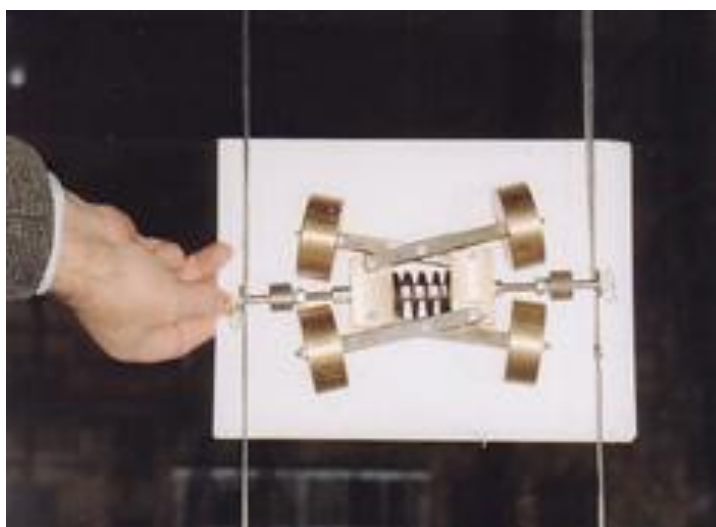


Рисунок 16. Фото эксперимента Богомолова.

Выводы: Предлагаемый Богомоловым метод имеет принципиально важное значение для конструирования центробежно-вихревых преобразователей энергии. Именно **упругость, как свойство рабочего тела, применяемого в конструкции преобразователя, позволяет накопить потенциальную энергию центробежного давления путем сжатия упругого рабочего тела, а затем освободить ее, при расширении упругого рабочего тела.** Рабочим телом может быть газ, или смесь газа и воды.

3.8 Открытие Профессора Е.В. Александра

Известно открытие Профессора Е.В. Александра №13 от 30 октября 1957 года, которое относится к интересующей нас теме преобразования потенциальной энергии в кинетическую энергию с высокой эффективностью. Эксперимент Александра, демонстрирующий данное открытие, очень простой: стальной шарик сбрасывается с некоторой высоты, падает с ускорением, а в нижней точке траектории, отражается от стальной плиты, и движется вверх. Профессор Александров показал, что, после отражения, шарик может подниматься выше исходного положения, из которого он начинал движение вниз. Этот факт кажется странным, так как падающее вниз тело, после столкновения с плитой, приобретает большую энергию, чем имело в исходной точке до начала движения.

Объяснения эффекта ранее не было сделано. Можно предположить, что причиной избыточной энергии являются эффекты упругой деформации тел. Действительно, после нескольких соударений, шарик частично теряет упругие свойства, и эффект постепенно уменьшается.

Вывод: В данном примере, показаны полезные для конструирования центробежно-вихревых преобразователей этапы накопления и преобразования энергии, а также, важные для этих взаимопревращений свойства упругости накопителя энергии.

3.9 Молекулярный двигатель

Рассмотрим проект, который проводила компания ООО «Фарадей» в 2004-2005 годах. Данный проект получил название «молекулярный двигатель», по предложению автора концепции Ю.С. Потапова. Термин «молекулярный» относится к кинетической энергии молекул воздуха,

которая зависит от его температуры. Известно, что молекулы воздуха хаотически двигаются, векторная сумма равна нулю, но мы можем преобразовать их энергию в полезную работу, хотя бы частично, при создании их направленного движения (ламинаризации потока).

Специалистами завода имени Дегтярева, г. Ковров, была разработана и изготовлена основная часть испытательного стенда установки УКС-37. Заказчиком проекта была компания «Лаборатория Новых Технологий Фарадей» (новое название ООО «Фарадей», г. Тула), в то время работавшая в Санкт-Петербурге. Теоретически, предполагалось получать электроэнергию на выходе электрогенератора, вращаемого турбиной, через которую проходит воздушный поток, причем в количестве, которое должно обеспечить работу вентилятора и полезной нагрузки. Воздух подавался на турбину от центробежного вентилятора через воздуховод, в котором предполагалось создать особые условия для отбора кинетической энергии молекул воздуха, и последующей передачи этой энергии турбине. Фотография установки, которая была построена и испытана в компании ООО «Фарадей», показана на Рисунке 17.

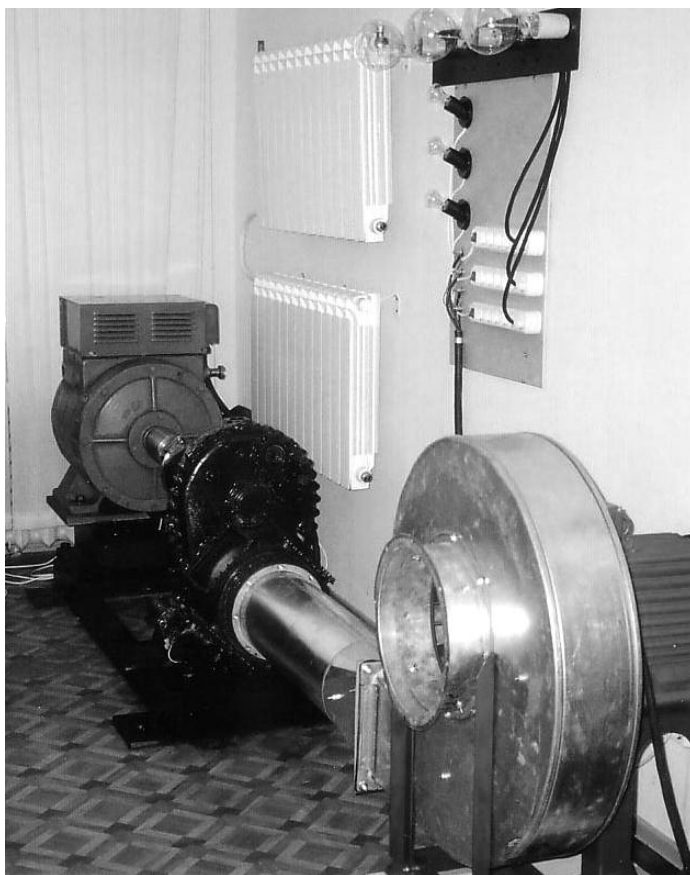


Рисунок 17. Экспериментальная установка в лаборатории ООО «Фарадей», 2004 г.

Очевидно, что, аналогично ранее рассмотренным случаям, в частности, в пункте 3.6 данного отчета, **избыточная кинетическая энергия создается уже в самом вентиляторе, за счет упругого сжатия воздуха под действием центробежных сил.** Дальнейшая задача состояла в поиске оптимальных методов преобразования потенциальной энергии сжатого рабочего тела в его кинетическую энергию, передаче этой энергии ротору, и отработке способов уменьшения потерь, которые предстояло изучить экспериментально. Эти методы оптимизации, состояли в установке пассивных **конструктивных элементов воздуховода, создающие вихревой эффект**, причем, без затрат энергии от внешнего источника.

Преобразование давления потока в кинетическую энергию вращения обеспечивала турбина вертолетного газотурбинного двигателя типа ГТД-350, через ее стандартный редуктор. Предполагалось получать электроэнергию от процесса вращения турбины, с помощью стандартного электрогенератора типа ГС-250 номинальной мощностью 60 (кВт). Изначально, подачу воздуха на вход турбины обеспечивал центробежный вентилятор типа ВПЗ, диаметр ротора которого был около 1 метра, потребление 7 (кВт), производство вентиляторного завода в г. Чудово. Позже, его заменили другим центробежным вентилятором, тип ВДС-5, изготовленным на заводе «ЛИССАНТ», Санкт-Петербург.

Предполагалось, что устройство УКС-37 должно было работать в автономном режиме, и вырабатывать не менее 37 (кВт) электроэнергии в полезной нагрузке. История развития проекта следующая: концепция Потапова была, несомненно, верной, но возникли организационные и технические трудности с ее реализацией. Выполнение работы на заводе в г. Ковров задерживалось. После того, как договорные сроки изготовления и испытаний установки закончились, специалисты завода не вышли на автономный режим работы. Представители завода сдали Заказчику проекта - ООО «Фарадей» не готовое изделие, способное работать в автономном режиме, а комплект для изготовления стенда и экспериментов.

Дальнейшие исследования в лаборатории ООО «Фарадей» проводили Александр Владимирович Фролов и Игорь Анатольевич Погоняйло.

Испытательный стенд был получен в комплекте с неисправным вентилятором. По этой причине, вентилятор был заменен на новый центробежный вентилятор ВДС-5, производительностью 800 (м³/час), потребление электроэнергии которого составляло примерно 5 (кВт/час), в номинальном режиме.

Перспективы получения автономного режима в данной конструкции были следующие: кинетической энергии потока воздуха от вентилятора ВДС-5 не хватало на преодоление потерь, обусловленных КПД турбины и электрогенератора. При потреблении вентилятором 5 (кВт/час) электроэнергии, в нагрузке генератора можно было получить до 3 (кВт/час) мощности, но дальнейшее увеличение нагрузки приводило к потере качества электроэнергии (снижению числа оборотов и падению напряжения на выходе генератора). Было принято решение увеличить объем и давление рабочей массы воздуха, и для этой цели был приобретен компрессор типа АФ53, с рабочим давлением на порядок выше, чем у ВДС-5. Ожидаемые результаты были на уровне 30 (кВт/час) электроэнергии на выходе, при потреблении 10 (кВт/час) на входе.

По причине отсутствия финансирования по данной теме, а также после возникновения технических проблем с редуктором турбины, проект был прекращен в 2005 году. Экспериментальный стенд был продан другой компании, находящейся в г. Москве. О дальнейших исследованиях по данной теме известно то, что практически ценных результатов после 2005 года в Москве не было получено.

В ООО «Фарадей», были изучены некоторые аспекты оптимизации конструкции. На участке от выходного отверстия центробежного вентилятора до турбины, был установлен воздуховод диаметром 400 мм (по диаметру турбины) и длиной 1 метр.

При создании в данном воздуховоде винтового вращательного процесса движения воздушной массы, полезная мощность в нагрузке электрогенератора увеличивалась на 5-7% по сравнению с экспериментом, при котором было организовано прямолинейное движение воздушной массы от вентилятора к турбине. Вращение потока воздуха обеспечивалось наклонными поверхностями (направляющими), устанавливаемыми внутри воздуховода на его стенки. Это увеличение мощности на выходе электрогенератора происходило без увеличения мощности потребления вентилятором, лишь за счет конструктивных пассивных элементов, фактически, за счет изменения траектории воздушного потока.

Выводы по данному проекту: концепция **использования центробежных машин с использованием упругой рабочей массы**, в частности, воздуха, в автономных энергокомплексах вполне работоспособная. Удавалось обеспечивать около 3 (кВт) полезной мощности в лампах накаливания, причем это не оказывало влияния на увеличение потребляемой мощности.

Особенно важно отметить, что удавалось получить увеличение мощности на выходе электрогенератора за счет использования пассивных направляющих в трубе воздуховода, чем обеспечивалось **винтовое движение потока (вихревой режим)**.

3.10 Сведения по воздушному преобразователю энергии Хаскела

Аналогичная разработка, использующая воздух, была известна в 1960-х годах в США, автор Карл Хаскел (Haskell Karl). В настоящее время, работа по конструированию развивается группой под руководством Рона Роквелла (Ron Rockwel). Патента по данной разработке в открытых источниках не найдено, но можно отметить особенности этой самоподдерживающейся турбины: обороты достигают 10^5 (об/мин). Вторая особенность: на турбину подается высокий электрический потенциал, поэтому в процессе работы воздух ионизируется.

Выводы: Можно предположить, что ионизация воздуха снижает сопротивление среды, уменьшая потери на трение при высоких оборотах. Данный метод может применяться при конструировании центробежно-вихревых машин, использующих воздух в качестве рабочего тела.

3.11 Сведения по преобразователю энергии «EF9»

Другим примером разработки по интересующей нас теме, является проект компании «EF9 Energy Systems», которая ставит вопрос преобразования тепловой энергии среды (воздуха) в полезную работу. Схема генератора, который они предлагают для исследований (компьютерная модель 2011 года), показана на Рисунке 18.

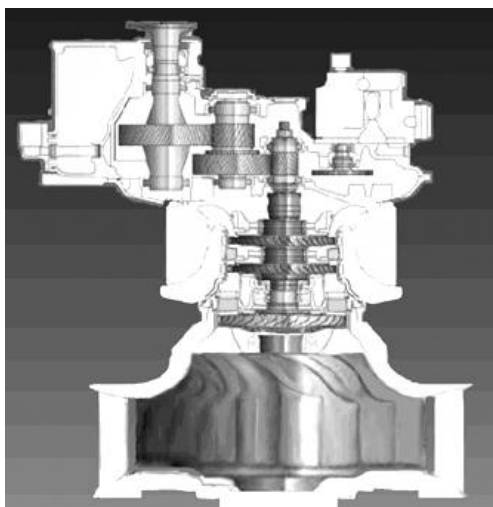


Рисунок 18. Схема генератора EF9.

Авторы не приводят описание его работы. Они полагают, что главную роль в данном преобразовании энергии играет «эффект Бернулли». Цели компании EF9 Energy Systems, в настоящее время, включают создание генератора мощностью 50 (кВт) для частных домов, а также генератора энергии (привода) для применения на автотранспорте.

Выводы по данному пункту 3.11 состоят в том, что при анализе процессов преобразования энергии, для газов и жидкостей, достаточно использовать известные классические формулы и понятия, в частности, формулу Бернулли для вычисления полного давления потока.

4. Сопоставительный анализ, преимущества и недостатки различных методов

Рассмотрим преимущества и недостатки известных конструктивных решений в области создания центробежно-вихревых преобразователей энергии.

Преимущества конструкции Шаубергера состоят в простоте изготовления, хотя вертикальное осевое расположение ротора не всегда приемлемо для транспортных средств. Важная особенность в конструкции – применение смеси жидкости и воздуха, а также, вихревых способов снижения гидравлических потерь, патенты [12] и [13]. Полезным может оказаться парный эффект создания силы, то есть наличие осевой силы тяги, а не только крутящего момента.

В схеме Шержью, как мы отмечали, нет конусного ротора, поэтому движение воды по спирали постоянного радиуса не обеспечивает передачу ее кинетической энергии ротору. Данное решение имеет смысл рассмотреть как теоретическое предложение по конструкции и компоновке узлов преобразователя энергии центробежного типа.

Простой и достоверный эксперимент Харди, показывает техническую возможность реализации его метода преобразования энергии, но его конструкция стационарная, поэтому требует другой компоновки для широкого практического применения. Явным преимуществом данного метода является применение стандартного насоса высокого давления. Конструкторская задача сводится к проектированию турбины, и общей компоновке узлов машины в единое целое.

Воздушные преобразователи, которые нам известны, также могут обеспечить автономный режим работы, причем их применение может быть более практичным, чем использование жидкостных центробежно-вихревых преобразователей энергии. Преимуществом является то, что рабочее тело (воздух) имеет нужные физические свойства, а именно, упругость.

В конструкции Клема есть все признаки оптимальной схемы преобразователя, использующего жидкость, и хотя ее оригинальных схем не имеется, но основные принципы могут быть воспроизведены по имеющимся сведениям, что позволит использовать данную аналогию при конструировании центробежно-вихревого преобразователя энергии. Особенно важно отметить факт применения масла в качестве рабочей жидкости, поскольку в данном устройстве создается не только крутящий момент ротора, но и большое количество тепла. Применение масла позволяет работать при более высоких давлениях и температурах, чем при использовании воды. Кроме того, масло является некоррозийной жидкостью.

5. Определение характера и содержания теоретических исследований

Предлагаемая НИР имеет своей целью разработать конструктивное решение, которое не только позволит эффективно преобразовать тепловую энергию окружающей среды в электроэнергию, но будет надежным, несложным в изготовлении, а также иметь низкую себестоимость при серийном производстве.

В теоретической части исследований, в рамках данной НИР, будет показана методика расчета основных параметров процесса преобразования энергии, включая потери полезной мощности, и способы их уменьшения.

Расчет может быть сделан по динамической методике, рассматривая ускоренное движение тела в поле действия центробежной силы, действующей на вращающуюся в роторе жидкость. Для этого, необходимо показать условия ускоренного движения рабочей жидкости, и провести расчет среднего нормального ускорения для нескольких угловых скоростей вращения ротора.

Далее, необходимо показать эффективность работы центробежно–вихревого преобразователя энергии, и сделать ориентировочный расчет гидравлических потерь (потерь напора по длине трубки). Дополнительно, необходимо рассчитать потери в возвратном трубопроводе.

Необходимо учесть влияние перепада атмосферного давления между областью вращения ротора и остальной частью гидравлической системы, так как конструкция не обязательно является герметичной, хотя может работать в герметичном корпусе.

Для проверки расчетных данных, сделанных по динамической методике, необходимо пересчитать величину мощности по другой методике, например, путем расчета перепада давления в системе. Сравнение двух результатов позволит нам судить о погрешности расчетов.

6 Обоснование выбора оптимального варианта конструкторского решения

Изучив несколько вариантов конструкции, созданных другими разработчиками, и рассмотренных нами в пункте 3 данного отчета, можно предложить оптимальный вариант, позволяющий реализовать теоретическую концепцию центробежно-вихревого преобразователя. В нем должны быть предусмотрены следующие конструктивные элементы: конусный ротор, спиральные каналы (трубки) для движения рабочей жидкости по траектории с увеличивающимся радиусом, тангенциальный выход рабочей жидкости, и возврат рабочей жидкости по внешнему контуру. Форма трубок (каналов движения жидкости) должна обеспечивать оптимальную передачу кинетической энергии потока жидкости ротору, для чего она проектируется с учетом переменного шага и радиуса спирали. В начальной части ротора, шаг максимальный, а радиус – минимальный. Около сопла, шаг спирали минимальный, а радиус – максимальный.

Предлагается провести исследования с применением воды в качестве рабочей жидкости, и, при необходимости, применить масло. В связи с этим, в конструкции целесообразно применить маслостойкие сальники.

Важнейшим фактором работоспособности конструкции является использование упругого рабочего тела, в частности, воздушно-жидкостной смеси, которая обеспечит накопление потенциальной энергии в форме упругого сжатия рабочей смеси, и дальнейшее преобразование энергии в форму кинетической энергии движения и крутящий момент ротора, приводящего во вращение вал электрогенератора. Для создания воздушно-жидкостной смеси, в конструкции должен быть предусмотрена центрифуга, в которой образуются условия для кавитации жидкости и образования в ней пузырей воздуха, а также, для ее сжатия под действием центробежных сил.

7 Описание принципа действия предлагаемой конструкции преобразователя энергии

Теория механических центробежных машин, способных работать в режиме самовращения, требует серьезной проработки концепции массы покоя и инерциальных свойств тел, имеющих массу покоя. В общих чертах, можно сказать, что центробежная сила и другие инерциальные эффекты относятся к области эфиродинамики, в рамках которой, аналогично аэродинамике, при наличии градиента давления среды, создается движущая или подъемная сила, а в некоторых случаях, обе компоненты силы. В простейшем варианте, центробежная сила создает прирост потенциальной энергии тела, превышающий затраты мощности от первичного источника на раскручивание рабочей массы, а задача конструктора состоит в том, чтобы не просто «освободить» рабочую массу и позволить ей двигаться вдоль линии действия центробежной силы,

но эффективно использовать ее кинетическую энергию. Задача очень перспективная, так как, при серийном массовом производстве, такие машины могут стать повсеместно используемыми простыми, надежными и недорогими источниками энергии.

Эскиз предлагаемой конструкции показан на Рисунке 19. Рассмотрим принцип действия данного центробежно-вихревого преобразователя энергии.

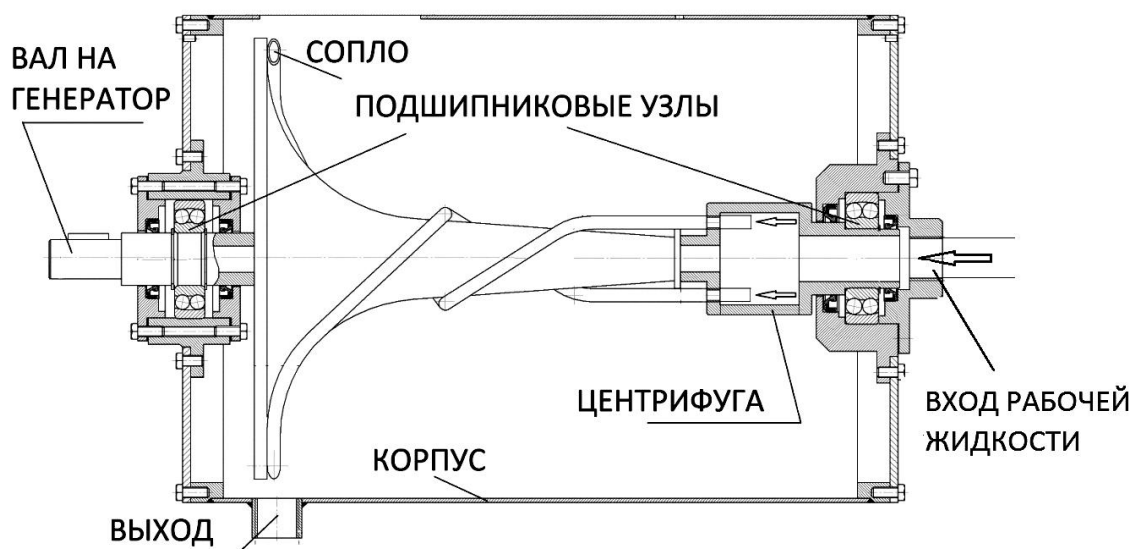


Рисунок 19. Эскиз предлагаемой конструкции центробежно-вихревого преобразователя.

Вода, или другая рабочая жидкость, поступает в патрубок (справа), закрепленный на фланце внешнего корпуса. Необходимо отметить, что рабочая жидкость имеет массу покоя, которая обеспечивает ей инерциальные свойства не только в покое, но и в движении. Не углубляясь в теорию материи и ее физических свойств, отметим только то, что необходимо учитывать в рамках данной НИР, для понимания принципов работы центробежно-вихревого преобразователя энергии, а именно то, что **инерциальные свойства любого тела, имеющего массу покоя, в том числе и рабочей жидкости, обусловлены связанным с телом эфиром, то есть являются свойствами физической системы, включающей само тело и окружающую среду.** Особо отметим, что эфир рассматривается в предлагаемой концепции, как упругая среда, для данного уровня энергии процесса. Менделеев [1] использовал именно такой подход к объяснению свойств материи: «... вот как определяется эфир: жидкость невесомая, упругая, наполняющая пространство, проникающая во все тела и признаваемая физиками за причину света, тепла, электричества и проч. Можно сказать, что эфир подобен газу... Называя эфир газом, мы понимаем флюид в широком смысле, как эластичный флюид, не имеющий сцепления между своими частицами».

Важную роль в понимании физики рассматриваемых процессов, занимает концепции массы частиц материи, включающую связанный с ними эфир. Фарадей [14] писал: «Материя присутствует везде, нет промежуточного пространства, не занятого ею... Значит, **материя будет повсюду непрерывной и, рассматривая ее массу, нам не надо предполагать различия между ее атомами и каким-то промежуточным пространством.** Силы вокруг центров сообщают этим центрам свойства атомов материи».

Именно, связанный с частицами материи эфир, занимающий пространство между атомами, определяет инерциальные свойства частиц массы. Следовательно, ускорение и центробежная сила являются эффектами **упругого взаимодействия тела с окружающей упругой эфирной средой.** Дополнительная энергия, в частности, избыточный крутящий момент, который может быть получен в технически замкнутой физической системе, может быть обусловлен только преобразованием энергии среды, в частности, **упругими деформациями среды, и соответствующими этим деформациям термодинамическими изменениями в ней (поглощением и выделением тепла).**

Более глубокое рассмотрение вопроса, а именно, анализ физического механизма упругого взаимодействия тел, выходит за рамки данной НИР. Отметим только то, что в основе явлений упругости находятся электромагнитные взаимодействия атомов, что также относится к теории эфира и эфиродинамики.

Рассмотрим элементы конструкции предлагаемого центробежно-вихревого преобразователя. В данной конструкции предусмотрена так называемая «центрифуга», внутри которой рабочая жидкость приводится во вращение, если ротор уже находится в состоянии вращения. На это начальное ускорение рабочей массы затрачивается некоторая мощность, расчет величины которой будет позже показан, как расчет затрат мощности.

В начале работы, жидкость поступает на входной патрубков под давлением от насоса, затем проходит область центрифуги, причем за счет выступающих внутрь центрифуги концов трубок, при вращении создаются условия для усиленной кавитации жидкости. Это обеспечивает необходимую аэрацию рабочей жидкости и придание ей упругих свойств. Далее, по трубкам, закрепленным на роторе, рабочая жидкость движется в сторону сопла. В конструкции планируется применить восемь одинаковых трубок, расположенных симметрично. На эскизе, показанном на Рисунке 19, изображены только две трубки из восьми.

В начале работы ротор находится в неподвижном состоянии. Жидкость поступает по трубкам в центрифугу, затем проходит спирально-винтовой участок, и, в широкой части конусного ротора, выходит через сопла. Скорость истечения жидкости, на начальном этапе раскручивания, определяется давлением насоса, применяемого для запуска. Начиная с нулевой скорости вращения, за счет реактивного эффекта вытекания жидкости из сопел (эффект Сегнера), возникает крутящий момент ротора, и он начинает вращаться с ускорением.

Далее, при вращении, создается нормальное ускорение рабочей жидкости, причем, не только в области центрифуги, но и в трубках, которые изогнуты в форме винтовой спирали переменного шага и переменного радиуса. На начальном участке ротора (на минимальном радиусе вращения жидкости), спираль имеет большой шаг, это означает, что оси трубок расположены под небольшим углом к оси вращения ротора, почти аксиально. Этот участок ротора создает для жидкости внутри трубок условия накопления дополнительной потенциальной энергии, без возможности ее преобразования в кинетическую энергию. По мере приближения жидкости к соплам, угол наклона спирали трубок по отношению к оси ротора увеличивается, что дает возможность ускоренного движения жидкости за счет центробежных сил, причем, происходит падение статического давления и расширение (увеличение объема) пузырей воздуха, таким образом освобождающих запасенную потенциальную энергию. Скорость жидкости растет, динамическое давление (напор) растет, а статическое давление в трубках уменьшается.

Отметим, что ускорение жидкости, по мере движения в трубках в сторону сопла, создает разрежение в области центрифуги и входного патрубка. Насос можно будет отключить, если скорость вращения ротора достигнет величины, необходимой для преодоления гидравлических потерь и затрат мощности на первоначальное ускорение поступающей в ротор жидкости. Теоретически, как будет показано в пункте 8 данного отчета, потери на трение составляют около 10% общей кинетической энергии потока рабочей жидкости, для предлагаемой конструкции.

Дальнейшее вращение ротора, должно происходить в автономном режиме, при этом увеличение числа оборотов ротора зависит от нескольких аспектов преобразования кинетической энергии потока жидкости в крутящий момент ротора, которые подробно рассмотрены в следующем пункте данного отчета, где приведена методика расчета и основные результаты расчета мощности центробежно-вихревого преобразователя энергии.

В корпусе, слева наверху на эскизе, Рисунок 19, предусмотрен люк для доступа к элементам ротора, без полной разборки конструкции. Через данный люк можно регулировать поворот крыльчаток третьей турбины. Для герметизации, люк должен быть снабжен резиновой прокладкой

по всему периметру. В левой части ротора предусмотрен вал для соединения с электрогенератором. Включение электрической нагрузки в цепь электрогенератора целесообразно производить после того, как ротор достигнет номинальных оборотов. Для данной конструкции, рекомендован электрогенератор с номинальными оборотами 3000 (об/мин), мощностью 10 (кВт). Общая схема циркуляции жидкости будет показана позже, на Рисунке 26. В конструкции предусмотрен картер, в который поступает жидкость после выхода из сопла. При номинальных оборотах ротора, жидкость поступает из картера самотеком, под действием перепада давления.

Полный комплект конструкторской документации поставляется Заказчику данной НИР отдельно, в соответствии с Договором №1 от 11.01.2011 года.

8 Методика расчета и расчет основных параметров преобразователя энергии

8.1 Условия ускоренного движения рабочей жидкости

Существует основное условие ускоренного движения рабочего тела в предлагаемой конструкции: рабочая жидкость должна иметь необходимые упругие свойства, поскольку несжимаемая жидкость не может ускоренно двигаться сплошным потоком без разрывов и сильной турбулентности.

Причина движения жидкости в трубках ротора – перепад давления. Движение направлено в сторону меньшего статического давления (максимального динамического давления), которое создается в широкой части конуса ротора. При этом, за счет формы ротора и конструкции его элементов, создается не только реактивный эффект при выходе рабочей жидкости из сопла, но и обеспечиваются условия для преобразования кинетической энергии потока во вращательное движение ротора, еще в процессе движения жидкости в трубках. Для реализации этого условия, трубки имеют форму винтовой спирали.

Описание принципов работы было проведено в пункте 7 данного отчета, рассмотрим более подробно этапы преобразования форм энергии в предлагаемой конструкции.

Гидростатическое давление в жидкости – это аналог потенциальной энергии, которая может быть преобразована в кинетическую энергию, если тело падает с ускорением свободного падения «g». Аналогичным образом, мы можем рассматривать потенциальную энергию вращающейся жидкости, которая не может увеличивать радиус вращения, поскольку ее положение ограничено

корпусом ротора. В предлагаемой конструкции, есть часть ротора, в которой спиральные трубки соединяются с накопительной емкостью. Данная накопительная емкость выполняет роль центрифуги, в которой запасается потенциальная энергия рабочей жидкости.

Отметим, что именно в этом месте конструкции, за счет вращения, создаются условия для увеличения потенциальной энергии рабочей смеси под действием центробежного давления, в форме ее упругого сжатия. Этот процесс, а именно, раскручивание рабочей жидкости в центрифуге, требует затрат энергии привода на преодоление инерции покоящегося тела (жидкости) и придание ему ускорения. Соотношение затрат мощности и получаемой на выходе мощности позволяет оценить эффективность предлагаемой конструкции преобразователя.

В процессе вращения рабочей жидкости, ее смещение в радиальном направлении обеспечивается действием градиента центробежной силы, так как радиус вращения, определяемый формой трубки, по которой движется жидкость, увеличивается по мере приближения к соплу. Движение в трубках происходит с ускорением, то есть, с увеличением кинетической энергии рабочей жидкости. Таким образом, полная энергия единицы объема рабочей жидкости на выходе из сопла может быть намного больше, чем полная энергия такой же единицы объема рабочей жидкости, находящейся на входе в ротор.

Отметим еще раз, что появление дополнительной энергии в рассматриваемой физической системе можно объяснить, учитывая то, что система является открытой. Инерция, в данном случае, рассматривается как свойство среды (эфира), а не тела. При вращении тела, обладающего инерциальной массой, центробежные эффекты обусловлены градиентом давления упругой среды (эфира) на данное тело. Потенциальная энергия, в данном случае, может быть преобразована в кинетическую при соответствующей релаксации рабочего тела, имеющего упругость. При этом, в упругой окружающей среде (эфире) происходит эквивалентный по мощности термодинамический процесс, проявления которого могут быть измерены по изменениям температуры среды (воздуха).

Другой полезный эффект, создаваемый в предлагаемой конструкции, заключается в возможности получения не только крутящего момента, но и осевой силы тяги, действующей на конструкцию в целом. Проведем аналогию с механикой: предположим, что груз сжимает пружину, вертикально поставленную на опору, работу против сил упругости пружины совершает сила тяжести (вес груза). Дальнейшее преобразование потенциальной энергии в кинетическую происходит при повороте пружины в горизонтальное положение, при этом, пружина отталкивает груз в сторону, и сама получает импульс в противоположном направлении. Похожим образом, в области центрифуги, центробежные силы и силы упругости уравновешены, а, по мере движения

жидкости, она перемещается в другие условия, задаваемые геометрией корпуса (радиусом и углом наклона витков спирали трубок). Благодаря этому, создаются условия для преобразования запасенной потенциальной энергии сжатой упругой рабочей жидкости в ее кинетическую энергию, и, в то же время, в корпусе конструкции создается эквивалентный по мощности эффект движущей силы, направленный вдоль оси вращения. Соответственно, в данной физической системе создаются условия реакции, как и в любой винтовой турбине: крутящий момент ротора связан с осевой силой тяги.

8.2 Расчет ускорения и мощности

Рассмотрим ускоренное движение рабочей жидкости в трубках ротора. Аналогично случаю падения тела массой « m » с некоторой высоты « h » в поле силы тяготения, вместо ускорения свободного падения « g », в формуле используем величину центробежного ускорения « a ». Высота « h », в данном случае, равна разнице радиуса ротора в начальной части и его радиуса в центральной точке сопла. Кинетическая энергия возрастает пропорционально квадрату скорости. Статическое давление при этом падает пропорционально квадрату скорости. Эту зависимость давления жидкости от скорости ее течения описывает закон Бернулли. Внешнее атмосферное давление сравнительно мало, поэтому в рассмотрении остаются статическое и динамическое давление.

Замечания по конструкции. При горизонтальном расположении оси ротора, на малых оборотах, при которых нормальное ускорение жидкости в трубках сравнимо с ускорением свободного падения, будет заметно, что при круговом движении жидкости, на половине цикла «сверху вниз», она получает большее ускорение, чем при движении жидкости «снизу вверх». Это является результатом суммирования или вычитания нормального ускорения вращения и ускорения свободного падения в поле силы тяжести. В такой ситуации, возникнут некомпенсированные механические импульсы, действующие на конструкцию в целом. В связи с этим, предпочтительнее использовать вертикальное расположение оси вращения ротора. На больших оборотах, расположение ротора не является принципиальным, так как нормальное ускорение может значительно превышать ускорение свободного падения.

Произведем расчет нормального ускорения для нескольких значений числа оборотов ротора. Используем известную формулу для расчета:

$$a = V^2/R \quad (1)$$

где a – ускорение, V – линейная скорость движения по окружности, R – радиус окружности движения.

Линейную скорость движения V по окружности радиусом R , можно найти по формуле (2):

$$V = \omega R \quad (2)$$

где ω – угловая скорость вращения (Рад/сек), определяется по формуле (3)

$$\omega = \pi n/30 \quad (3)$$

где n – частота вращения (об/мин).

Рабочая жидкость движется по трубке с переменным ускорением, так как радиус вращения меняется по мере приближения к соплу. Имея данные по угловой скорости вращения для пяти рабочих режимов, найдем нормальное ускорение в начале движения жидкости, на радиусе центрифуги, равном $R=5 \cdot 10^{-2}$ (м), затем, найдем нормальное ускорение жидкости, которая достигла центральной точки сопла, вращающейся на радиусе $R=1,4 \cdot 10^{-1}$ (м), а затем, найдем их среднее значение, для каждого режима. Результаты расчетов показаны в Таблице 1.

Таблица 1. Расчет среднего нормального ускорения для различных скоростей вращения.

Частота вращения n (об/мин)	100	500	1000	1500	3000
Скорость угловая ω (рад/с)	10,46	52,33	104,67	157	314
Скорость линейная в центрифуге V (м/с) на радиусе $R=5 \cdot 10^{-2}$ (м)	0,52	2,61	5,23	7,85	15,7
Ускорение в центрифуге a (м/сек ²) на радиусе $R=5 \cdot 10^{-2}$ (м)	5,4	136,2	547	1232	4930
Скорость линейная в центрифуге V (м/с) на радиусе $R=1,4 \cdot 10^{-1}$ (м)	1,46	7,32	14,65	21,98	43,96
Ускорение a (м/сек ²) на выходе из сопла на радиусе $R=1,4 \cdot 10^{-1}$ (м)	15,2	382,7	1533	3451	13804
Среднее ускорение a (м/с ²)	10	260	1040	2341	9367

Работа центробежной силы по ускоренному перемещению массы зависит от величины ускорения. Определив работу в единицу времени, мы сможем рассчитать мощность.

Для простого случая, движение жидкости в трубке происходит от центральной точки к соплу, вдоль радиуса вращения плоского ротора Сегнера, показанного на рисунке 20. Расчет для такой конструкции производится аналогично случаю вертикального падения тела в поле силы тяготения.

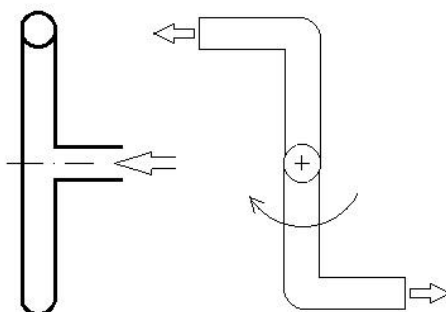


Рисунок 20. Схема движения жидкости для случая плоского ротора Сегнера.

В отличие от плоского ротора, в предлагаемой конструкции, ротор имеет конусную форму, поэтому смещение жидкости под действием центробежной силы, происходит не вдоль радиуса, а по винтовой спирали. Следовательно, надо рассматривать процесс, не как аналог вертикального падения в поле тяготения, а аналог случая ускоренного движения тела по наклонной плоскости вниз в поле тяготения. Данная задача классическая, и ее решение известно, схема показана на Рисунке 21.

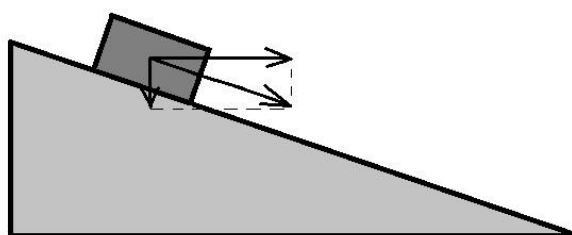


Рисунок 21. Ускоренное движение тела по наклонной поверхности вниз.

Найдем скорость в конце участка движения рабочей жидкости в трубке. Для расчета, используем известную формулу (4)

$$V = (2 a X \sin\alpha)^{0.5} \quad (4)$$

где V - скорость жидкости на выходе из сопла, a – среднее ускорение, X – длина пути ускоренного движения, α - угол наклона витка винтовой спирали по отношению к оси спирали.

В нашем случае, для предлагаемой конструкции, X равен примерно $3 \cdot 10^{-1}$ (м), а угол α составляет в среднем около 30 градусов в широкой части конуса ротора. Среднее ускорение для частоты вращения $n = 3000$ (об/мин), можно найти в Таблице 1, оно равно $a=9367$ (м/с²). В результате расчета, получаем величину скорости жидкости в конце пути ускоренного движения примерно $V = 53$ (м/с).

Отметим, что при конструировании, корректировке, с целью оптимизации, подлежат параметры формулы (4), а именно X и $\sin\alpha$. Величина X зависит от числа витков спирали. Угол α определяется формой ротора, а именно, наклоном витков спирали по отношению к оси вращения.

Далее, мощность определяется, как работа в единицу времени. Расчет мощности требует задать величину расхода жидкой рабочей массы в секунду. Для расчета расхода жидкой массы, предлагается следующая методика. Найдем площадь сечения трубки диаметром 10^{-2} (м) по формуле (5)

$$S = \pi D^2/4 \quad (5)$$

Получаем значение $S=7,85 \cdot 10^{-5}$ (м²). При скорости $V = 53$ (м/с), через данное сечение истекает определенное количество рабочей жидкости. Обозначим этот расход жидкости N , он определяется по формуле (6)

$$N_1 = VS \quad (6)$$

Для $n = 3000$ (об/мин) расход жидкости через одно сопло составит $N_1 = 4 \cdot 10^{-3}$ (м³/с). В величинах массы, учитывая плотность воды, расход N_2 определяется по формуле (7)

$$N_2 = N_1 \rho \quad (7)$$

где ρ – плотность рабочей жидкости (кг/м³).

Для рассматриваемого случая, $N_2 = 4$ (кг/с). Для других жидкостей необходимо учесть их плотность. Снижение плотности за счет кавитации незначительно, поэтому не учитывается.

Для всех восьми сопел расход жидкости равен 32 (кг/с), при оборотах 3000 (об/мин).

Кинетическая энергия движущегося тела рассчитывается по формуле (8):

$$E = 0,5 (mV^2) \quad (8)$$

Поскольку мы имеем дело с потоком жидкости, и знаем величину расхода в единицу времени, то без промежуточных вычислений энергии и работы, сразу найдем мощность, учитывая расход массы N_2 (в килограммах в секунду). Для этого, исходя из формулы (8), вместо значения массы « m » подставим значение расхода рабочей массы N_2 , и получим формулу для мощности (9):

$$P = 0,5 N_2 V^2 \quad (9)$$

где N_2 – расход жидкости в (кг/сек), V – скорость (м/с).

Для $n = 3000$ об/мин, $N=32$ (кг/сек), $V = 53$ (м/с).

Скорость движения жидкости в трубке, для данного расчета, необходимо усреднять, так как в процессе движения, после выхода из центрифуги, скорость движения растет по мере приближения к соплу. Начальная скорость потока меняется в процессе разгона машины до номинальных оборотов. Для расчета примем ее равной нулю, то есть рассчитаем мощность по минимальному пределу. Реальная мощность может быть выше расчетной, так как жидкость поступает в центрифугу с некоторой ненулевой скоростью. При правильном конструировании обратного трубопровода, осевая компонента скорости поступающей в ротор жидкости может вносить значительную добавку в создание крутящего момента.

По нижнему пределу мощности, то есть, с учетом нулевой начальной скорости потока, поступающего в трубку из центрифуги, среднюю скорость по всей длине трубки можно ориентировочно принять равной половине максимальной скорости, то есть $V_{cp} = 26,5$ (м/с). Зная расход жидкости $N=32$ (кг/с), по формуле (9), получаем мощность $P = 11$ (кВт). Это мощность, которую приобрел поток рабочей жидкости при его вращении в центрифуге, и которая может быть получена в форме кинетической энергии в точке его выхода из сопла. Часть этой мощности можно преобразовать в электроэнергию, с учетом потерь на трение, гидродинамических потерь и коэффициента полезного действия реактивной турбины, а также, третьей турбины с крыльчатками. В данном случае, не учитывается мощность, создаваемая насосом, то есть кинетическая энергия, необходимая для раскручивания ротора. Расчет сделан для

установившегося режима самовращения, при котором насос отключен и жидкость циркулирует за счет разности давления на входе и на выходе.

Найдем мощность для скорости вращения 1500 (об/мин). На этой скорости вращения, расход воды вдвое меньше и составляет $N_2=16$ (кг/с). Среднее значение ускорения движения рабочей жидкости на участке от минимального радиуса до точки выхода из сопла, на данной скорости вращения, равно $a=2341$ (м/с²). Согласно формуле (4), найдем скорость в конце ускоренного движения жидкости в трубке. Расчет дает величину скорости $V = 26,5$ (м/сек), то есть вдвое меньше, чем при 3000 (об/мин). Это соответствует линейной зависимости скорости истекания жидкости из сопла от величины круговой скорости вращения. Средняя скорость потока в трубках при данном числе оборотов $n = 1500$ (об/мин), равна $V_{cp} = 13,25$ (м/с). По формуле (9) находим мощность потока жидкости, которая равна примерно $P = 1,4$ (кВт).

Выводы: увеличение угловой скорости вращения в 2 раза, от значения $n = 1500$ (об/мин) до значения $n = 3000$ (об/мин), увеличивает мощность примерно в 8 раз, с уровня 1,4 (кВт) до уровня 11 (кВт). Данный коэффициент образуется из произведения двух коэффициентов в формуле кинетической энергии (9): расход воды увеличивается линейно в 2 раза, а среднее ускорение растет квадратично, то есть увеличивается в четыре раза.

В целом, **мощность зависит от частоты вращения в кубе**. Увеличение числа оборотов в 3 раза, дает увеличение мощности в 27 раз, и т.д. Для примера, найдем мощность для больших оборотов. При $n = 4500$ (об/мин), обороты увеличились в три раза, по сравнению с $n = 1500$ (об/мин), при этом мощность возрастет в 27 раз и составит около 37,8 (кВт). При увеличении оборотов в 4 раза от $n = 1500$ (об/мин) до $n = 6000$ (об/мин), расчетная мощность от 1,4 (кВт) увеличится в 64 раз, и составит около 90 (кВт). График зависимости мощности от числа оборотов показан на Рисунке 22.

Отметим другие факторы, влияющие на мощность: расход рабочей жидкости, зависящий от диаметра трубок (сечения), диаметр центрифуги и диаметр ротора в широкой части конуса. При изменении пропорций ротора, необходимо учесть, что изменения наклона витков спиральной трубки, по которой течет рабочая жидкость, влияет на параметры первой (винтовой) турбины.

Выводы: Заданная в Техническом Задании к Договору №1 от 11.01.2011, величина мощности 10 (кВт), теоретически, может быть реализована в предлагаемой конструкции.

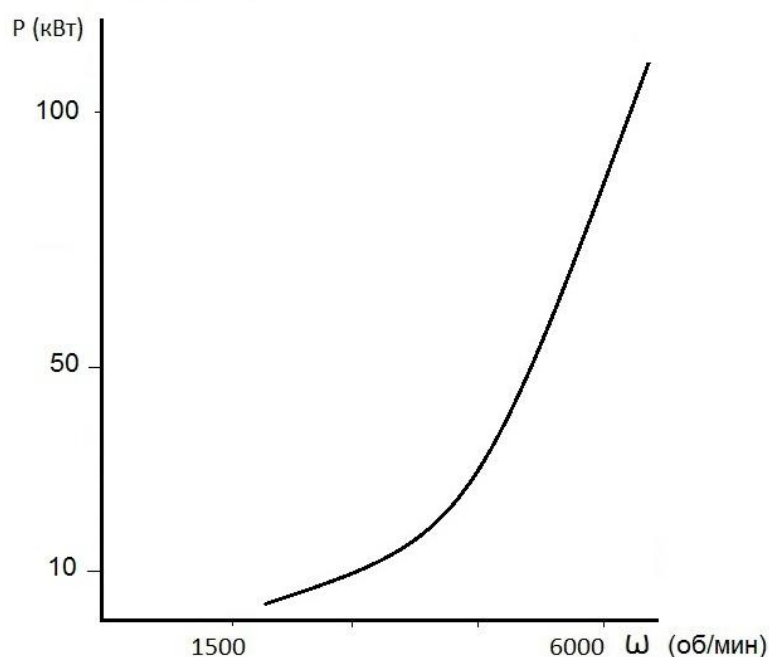


Рисунок 22. Зависимость мощности от числа оборотов.

Практические данные могут отличаться от теоретических расчетов величины мощности, поскольку при увеличении скорости движения жидкости в трубках ротора, значительно растут потери на трение и гидродинамические потери. Тем не менее, эти задачи могут быть решены, в пределах реальных технических возможностей, и создание компактных центробежных преобразователей энергии для транспорта, энергоснабжения и различной техники, мощностью 10 (кВт) до 10 (МВт), представляется реальной конструкторской задачей.

8.3 Эффективность работы центробежно-вихревого преобразователя энергии

Рассмотрим следующий вопрос теории центробежно-вихревого преобразователя: его эффективность. Отметим наличие трех реактивных турбин в конструкции, имеющих разный принцип действия, различную эффективность и различные способы ее повышения.

8.3.1 Первая турбина

Первая турбина имеет характеристики, аналогичные винтовым турбинам (пропеллерам). Конструктивно, она состоит из трубок, расположенных на роторе, по которым движется рабочая жидкость. Трубки изогнуты в форме винтовой спирали, поэтому создаются условия для передачи

кинетической энергии потока жидкости ротору. За счет осевой компоненты скорости движения рабочей жидкости, создается динамическое давление потока на поверхность трубки, расположенную под углом к вектору скорости потока, благодаря чему, создается крутящий момент, как в любом пропеллере. КПД современных винтовых турбин достигает 75%, но мы можем рассчитывать на более низкую эффективность, по нижнему пределу расчета величины мощности, поэтому зададим эффективность преобразования кинетической энергии потока рабочей жидкости в крутящий момент ротора на уровне 50%, что отражает закон сохранения импульса.

Расчет тепловых потерь на трение по длине трубки будет сделан в пункте 2.8.4. данного отчета. Они составляют примерно 10 % кинетической энергии движения жидкости в трубках.

Итак, по формуле (9), для $n = 3000$ (об/мин), мощность потока равна $P = 11$ (кВт), следовательно, 10% потерь от нее составит около 1,1 (кВт). Это величина тепловых потерь, частично переходящих в нагрев рабочей жидкости.

С учетом тепловых потерь, в расчете остается примерно 9,9 (кВт). Мы можем рассчитывать, что на вал ротора, в соответствии с законом сохранения импульса, в первой турбине будет передана половина этой мощности, то есть $P_1 = 4,9$ (кВт).

8.3.2 Вторая турбина

Вторая турбина работает за счет реактивного эффекта, аналогично принципу работы колеса Сегнера. Кинетическая энергия потока жидкости, истекающего из сопла, передается ротору, в соответствии с законами Ньютона. Следовательно, мощность, передаваемая на вал ротора, равна половине мощности, которой обладает поток жидкости после выхода из сопла. Для расчета используется относительная скорость движения сопла ротора и жидкости, например, для $n = 3000$ (об/мин), расчетная скорость движения потока жидкости на выходе из сопла равна $V = 53$ (м/с), при скорости движения сопла $V = 44$ (м/с). Относительная скорость равна $V_{отн} = 9$ (м/с). Таким образом, истекающий из сопла поток рабочей жидкости постоянно сообщает ротору ускорение, благодаря чему, при отсутствии нагрузки на валу, ротор может вращаться с нарастающей угловой скоростью, до тех пор, пока потери на трение, или температура рабочей жидкости не возрастут до критической величины.

Определим добавку в создание крутящего момента ротора, вносимую второй (реактивной) турбиной. Эта мощность может быть рассчитана по формуле (9), с учетом относительной скорости

потока рабочей жидкости в среде и скорости вращения ротора в данной среде. Для $n = 3000$ об/мин, $N=32$ (кг/с), $V_{отн} = 9$ (м/сек), эта мощность равна $P_2 = 1,3$ (кВт).

8.3.3 Третья турбина

Далее, для преобразования кинетической энергии потока рабочей жидкости в механическую мощность на валу привода, в предлагаемой конструкции применяется турбина с крыльчатками, установленными на роторе. Рассмотрим ее работу, и оценим эффективность.

Третья турбина в предлагаемой конструкции выполнена в виде восьми отдельных отражателей потока рабочей жидкости - крыльчаток, устанавливаемых на роторе, каждая рядом с одним соплом, примерно под углом $\beta \approx 30$ градусов к оси реактивного потока, выходящего из сопла. Эта турбина передает ротору примерно половину импульса свободного потока рабочей жидкости, после ее выхода из сопла. Вклад данной турбины в работу машины очень большой. Учитывая, что крыльчатка вращается вместе с ротором, то есть движется навстречу свободному потоку жидкости, выходящему из сопла, их скорости встречные, как показано на Рисунке 23.

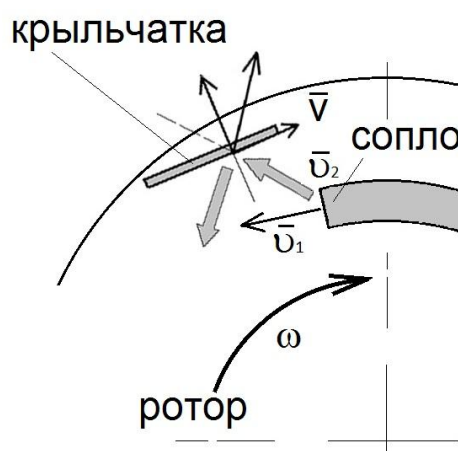


Рисунок 23. Вектора сил в третьей турбине с крыльчаткой.

Отметим, что, в результате действия радиальной центробежной силы, вектор движения потока жидкости u_2 после ее выхода из сопла, имеет радиальную составляющую, поэтому он не совпадает с вектором u_1 , направленным по касательной. Оптимальный угол поворота β , теоретически, составляет 30 градусов, и устанавливается регулировкой поворота крыльчатки по отношению к оси потока рабочей жидкости, истекающей из сопла.

Расчет мощности третьей турбины, которую можно обеспечить на валу ротора при взаимодействии потока жидкости и крыльчаток, также производится по формуле (9), но относительная скорость взаимодействующих тел (жидкости и крыльчатки) образуется суммированием скоростей потока v и скорости ротора v , с учетом угла между ними.

Мощность определяется по формуле (10)

$$P_3 = 0,5 \sin \beta N V^2 \quad (10)$$

где N – расход воды в (кг/с), V – относительная скорость (м/сек), β - угол между вектором скорости потока жидкости и плоскостью крыльчатки третьей турбины в точке их взаимодействия (градусы).

Согласно расчета для $n = 3000$ (об/мин), $N=32$ (кг/с), $V = 53$ (м/с), и угла $\beta \approx 30$ градусов, мощность третьей турбины составит $P_3 = 22,4$ (кВт).

8.3.4 Суммарная мощность

Итого, суммируя вклад всех трех турбин в увеличение крутящего момента ротора, по формуле (11) получаем общую мощность.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (11)$$

Для $n = 3000$ (об/мин), суммарная мощность $P = 4,9 + 1,3 + 22,4 = 28,6$ (кВт).

Учтем затраты на приведение жидкости во вращение, то есть найдем мощность, необходимую для преодоления сил инерции покоя, действующих на поступающую в ротор жидкость. При этом исходим из закона сохранения энергии: для того, чтобы жидкость начала вращаться с некоторой скоростью, надо затратить мощность, равную той кинетической энергии, которую она получит.

В начальной части ротора, для этих целей предлагается центрифуга радиусом $R = 5 \cdot 10^{-2}$ (м). Кинетическая энергия жидкости в ней будет оцениваться согласно формуле (8). Необходимо затратить это количество энергии $E_{вх}$, чтобы привести рабочую жидкость во вращение. Соответственно, по формуле (9), с учетом скорости движения жидкости в центрифуге, которую она должна приобрести при раскручивании, можно найти мощность затрат $P_{затрат}$.

Найдем величину мощности затрат $P_{\text{затрат}}$ для предлагаемой конструкции, то есть по формуле (9) для $n = 3000$ (об/мин), $N=32$ (кг/с), и линейной скорости движения жидкости в центрифуге на радиусе $R = 5 \cdot 10^{-2}$ (м), которая показана в Талице 1, и равна $V = 15,7$ (м/с).

Расчеты показывают, что мощность, которую необходимо затратить на первоначальное ускорение рабочей жидкости в центрифуге, равна $P_{\text{затрат}} = 0,5 NV^2 = 4$ (кВт).

Зная суммарную мощность, определяемую по формуле (10), $P = 28,6$ (кВт), с учетом потерь $P_{\text{затрат}} = 4$ (кВт) на первичное ускорение потока жидкости, поступающей в ротор, на валу остается расчетная мощность на уровне $P = 24,6$ (кВт). Электрогенератор сможет обеспечить преобразование этой механической мощности в электроэнергию с эффективностью около 85%.

Вывод: в итоге, оценив вклад трех турбин, затраты на трение и затраты на первичное раскручивание рабочей жидкости в центрифуге, в рассматриваемой конструкции, можно рассчитывать на получение около 20 (кВт) электроэнергии при $n = 3000$ (об/мин).

8.4 Ориентировочный расчет гидравлических потерь

Данный пример расчета максимальной мощности сделан без учета гидравлических потерь, которые зависят от применяемого материала труб и режима движения жидкости в трубах.

Обоснование выбора материала для труб можно сделать при сопоставительном анализе коэффициента сопротивления потоку C_d . Для труб, тянутых из латуни, свинца и меди, данный коэффициент составляет около $C_d = 2 \cdot 10^{-3}$. Для высококачественных бесшовных стальных труб, он равен $C_d = 2 \cdot 10^{-1}$. Для чугунных труб, данный коэффициент примерно равен $C_d = 1,0$.

Вывод: в конструкции целесообразно применить медные или латунные тянутые трубки.

Рассмотрим кратко теорию потоков жидкости, чтобы найти способы снижения гидродинамических потерь кинетической энергии рабочего потока жидкости.

Все гидравлические потери энергии делятся на два типа: потери на трение по длине трубопроводов, и местные потери, вызванные элементами трубопроводов, в которых, вследствие изменения размеров или конфигурации русла, происходит изменение скорости потока, отрыв потока от стенок русла, и возникновение вихреобразования. В предлагаемой конструкции, данных

элементов труб нет. Начало трубы, соединяемое с центрифугой, без стыков и переходов заканчивается соплом. Резких изгибов и спаек не предусмотрено, и не требуется технологически.

Известно, что потеря напора (кинетической энергии) при внезапном расширении русла потока или его сужении, расходуется на вихреобразование, связанное с отрывом потока от стенок, т.е. на поддержание вращательного непрерывного движения жидких масс с постоянным их обновлением. В предлагаемой конструкции, по всей длине трубки ротора, нет расширений или сужений диаметра потока, что также значительно снижает гидродинамические потери

Гидродинамическое сопротивление существенным образом зависят от режима движения жидкости. Фундаментальные эксперименты по данной теме были проведены Рейнольдсом в 1883 г. Им показаны два режима движения жидкости: ламинарный и турбулентный.

Ламинарным называется слоистое течение без перемешивания частиц жидкости, и без пульсации скорости и давления. При ламинарном течении жидкости, в прямой трубе постоянного сечения, все линии тока направлены параллельно оси трубы, при этом отсутствуют поперечные перемещения частиц жидкости. Турбулентным называется течение, сопровождающееся интенсивным перемешиванием жидкости с пульсациями скоростей и давлений. Наряду с основным продольным перемещением жидкости, при этом, наблюдаются поперечные перемещения и вращательные движения отдельных объемов жидкости. Интенсивная турбулентность значительно увеличивает коэффициент трения.

Переход от ламинарного режима к турбулентному наблюдается при определенной скорости движения жидкости. Эта скорость называется критической. Значение этой скорости прямо пропорционально кинематической вязкости жидкости и обратно пропорционально диаметру трубы, формула (12).

$$(V_{cp})_{кр} = (Re_{кр} \nu) / D \quad (12)$$

где $Re_{кр}$ – критическое число Рейнольдса, D – диаметр трубки, ν - кинематическая вязкость воды.

Сделаем расчет средней критической скорости $(V_{cp})_{кр}$ для предлагаемой конструкции. Кинематическая вязкость воды $\nu = 1,007 \cdot 10^{-6}$ (м²/с) (для температуре $t=20^{\circ}C$), диаметр трубы $D = 1 \cdot 10^{-2}$ (м). Примем для расчетов нижнее критическое число Рейнольдса, равное $Re_{кр} = 2300$.

Расчет показывает, что, в предлагаемой конструкции, величина $(V_{cp})_{кр} = 2,3 \cdot 10^{-1}$ (м/с).

Выводы: В расчетах скорости движения жидкости по трубкам вращающегося ротора, найденных ранее по формуле (4), были найдены величины скорости движения потока жидкости в трубах, на два порядка больше критической скорости, например, максимальная скорость при $n = 3000$ (об/мин) равна $V = 53$ (м/с). Очевидно, что, без применения специальных конструктивных решений, режим движения жидкости будет турбулентный, с большими потерями.

Найдем коэффициент гидравлического трения по формуле Блазиуса (13):

$$\lambda = 0,316 / Re_{кр}^{0,25} \quad (13)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения по длине.

Для нижнего критического числа Рейнольдса, то есть для $Re_{кр} = 2300$, коэффициент гидравлического трения равен $\lambda = 4,5 \cdot 10^{-2}$.

Необходимо учесть, что мы имеем дело не с напором в гидравлической системе, обусловленным силой тяжести и ускорением «g», а с ускорением движения жидкости внутри трубки вращающегося ротора. Величину среднего ускорения «a» для различных частот вращения ротора, мы ранее рассчитали, эти данные приведены в Таблице 1. По формуле Дарси – Вейсбаха (14), найдем потери на трение, то есть потери давления Δp по длине трубки L , которая в нашем случае составляет около $L = 3 \cdot 10^{-1}$ (м).

$$\Delta p = \lambda (L/D)(V^2/2)\rho \quad (14)$$

где L – длина трубки, D – диаметр трубки, V – скорость потока, ρ - плотность жидкости.

В результате расчета, для частоты вращения ротора $n = 3000$ (об/мин), плотности жидкости $\rho = 10^3$ (кг/м³), и средней скорости движения потока $V = 22$ (м/с), получаем потери давления по длине трубки $\Delta p = 3,2 \cdot 10^5$ (Н/м²).

Выводы: гидравлические потери на трение значительно сказываются на работоспособности предлагаемой конструкции. В пункте 8.6 будет сделан расчет рабочего перепада давления, из которого можно будет оценить найденную величину уменьшения рабочего перепада давления из-за потерь на трение, в процентном соотношении, что соответствует потерям мощности на валу рассматриваемой центробежной машины. Отметим еще раз, что эти потери соответствуют

тепловой мощности, которую необходимо удалять из рабочей жидкости, пропуская ее через теплообменник.

8.5 Расчет влияния перепада статического давления воздуха

Выполним ориентировочный расчет перепада статического давления воздуха, создаваемого при вращении ротора. Мы можем рассматривать движение конца трубки (сопла) в среде, как относительное движение, которое создает изменения в балансе статического давления воздуха и динамического давления воздуха на открытое сопло. Закон Бернулли известен, формула (15):

$$p_{\text{атм}} + p_{\text{стат}} + 0,5\rho V^2 = \text{const} \quad (15)$$

где $p_{\text{стат}}$ - статическое давление среды на сопло, $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, ρ – плотность среды (воздуха), V – относительная скорость конца трубки в среде.

С учетом величины нормального атмосферного давления, формула (15) принимает вид (16)

$$p_{\text{стат}} = 1,01 \cdot 10^5 - 0,5\rho V^2 \text{ (Н/м}^2\text{)} \quad (16)$$

Это означает, что атмосферное давление воздуха, которое одинаково действует на оба конца трубки, если ротор неподвижен, при вращении, уменьшается на величину, равную динамическому давлению.

В трубке, вращающейся в воздухе открытым соплом назад, создается перепад давления между соплом и концом трубки, соединенным с центрифугой, определяемый по формуле (17)

$$\Delta p = 0,5\rho V^2 \text{ (Н/м}^2\text{)} \quad (17)$$

где Δp - перепад давление в трубке, ρ – плотность среды (воздуха), V – относительная скорость конца трубки (сопла) в среде.

Для $n = 3000$ (об/мин), относительная скорость $V = 44$ (м/сек). Плотность воздуха принимаем равной $\rho = 1,2$ (кг/м³). Величина перепада давления равна $\Delta p_{\text{стат}} = 1,1 \cdot 10^3$ (Н/м²), при данной скорости вращения ротора.

Далее, рассматривая конструкцию преобразователя энергии с учетом замкнутого цикла движения жидкости, как показано на Рисунке 24, необходимо отметить, что градиент

атмосферного давления воздуха действует и на рабочую жидкость. В области картера, в разгерметизированной конструкции, на поверхность жидкости действует атмосферное давление, а в области вращающегося сопла, как мы показали ранее, действует уменьшенное статическое давление воздуха, с разницей $\Delta p_{\text{стат}} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ (Н/м}^2\text{)}$.

Таким образом, благодаря наличию атмосферного давления, в рассматриваемой конструкции, необходимо учесть прибавку мощности за счет ускорения жидкости под действием перепада статического давления окружающей среды.

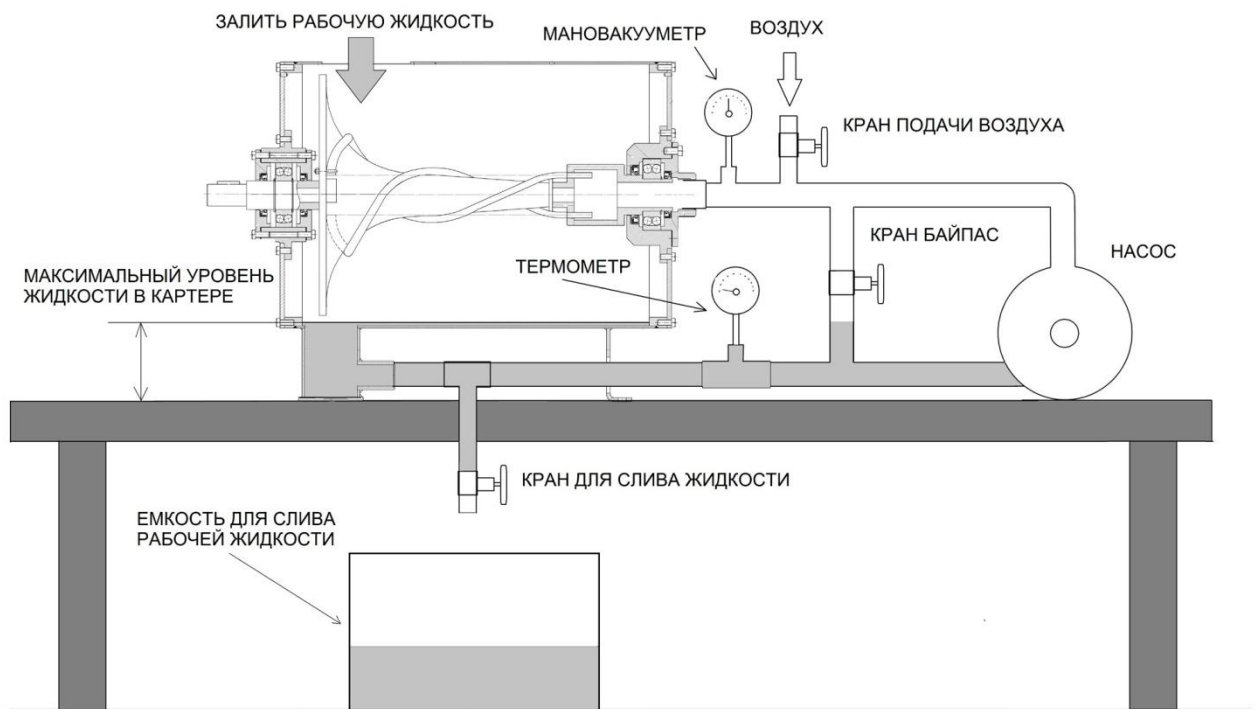


Рисунок 24. Схема циркуляции жидкости.

Покажем методику расчета данной прибавки мощности. Поверхность сопла определяется по формуле (5) и равна $S = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)}$. Площадь восьми сопел $S_8 = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}$.

Силу F , которая действует на эту площадь, при известном давлении $\Delta p = 1,1 \cdot 10^3 \text{ (Н/м}^2\text{)}$, которое мы нашли по формуле (17), можно определить по формуле (18)

$$F = \Delta p S_8 \quad (18)$$

Расчеты показывают, что сила равна $F = 7 \cdot 10^{-1}$ (Н).

Найдем крутящий момент на роторе, учитывая, что точка приложения данной силы находится на радиусе $R = 1,4 \cdot 10^{-1}$ (м). Крутящий момент определяется по формуле (19)

$$M_{кр} = F \cdot R \quad (19)$$

Расчет дает значение $M_{кр} = 10^{-1}$ (Н м)

При $n = 3000$ (об/мин), что соответствует угловой скорости $\omega = 314$ (рад/сек), мощность можно найти по формуле (20)

$$P = M_{кр} \omega \quad (20)$$

Расчетное значение прибавки мощности на валу, обусловленное перепадом давления среды (воздуха) на рабочую жидкость, равно $P = 31$ (Ватт).

Вывод: прибавка мощности незначительная, следовательно, для рассматриваемой конструкции герметизация не является обязательным условием. Данная методика расчета мощности потока рабочей жидкости, исходя из перепада давления, полезна для других случаев.

8.6 Расчет мощности, исходя из рабочего перепада давления

Для проверки расчетов и оценки погрешности, существует известная методика двойного решения задачи различными методами. В пункте 8.3 данного отчета, величина мощности была найдена в динамике, путем определения кинетической энергии потока, которую он приобретает за счет ускоренного движения в трубках от центрифуги к соплу. Найдем мощность на валу другим способом, рассматривая движение жидкости, как результат перепада давления жидкости в трубках, создаваемый при вращении ротора. Исходя из перепада давления, найдем силу, крутящий момент и мощность. После этого, оценим потери на трение.

Найдем разницу полных давлений в начале и в конце траектории движения жидкости в трубке. Формула Бернулли известна, формула (20)

$$0,5\rho V^2 + \rho gh + P_{атм} = Const \quad (21)$$

где ρ – плотность жидкости, V – скорость потока жидкости, g – ускорение свободного падения в поле силы тяготения, h – высота.

В случае ускоренного движения жидкости в трубках ротора рассматриваемой конструкции, формула приобретает следующий вид

$$0,5\rho V^2 + \rho aR + P_{\text{атм}} = \text{Const} \quad (22)$$

где ρ – плотность жидкости, a – нормальное ускорение, R – радиус вращения жидкости для расчета нормального ускорения, V – скорость потока жидкости.

Для расчета перепада давления применим формулу (23)

$$\Delta p = (0,5\rho V_2^2 + \rho a_2 R_2) - (0,5\rho V_1^2 + \rho a_1 R_1) \quad (23)$$

где $V_1 = 15,7$ (м/с), $a_1 = 4930$ (м/с²), $R_1 = 5 \cdot 10^{-2}$ (м) - скорость, ускорение и радиус в центрифуге, а $V_2 = 53$ (м/с), $a_2 = 13804$ (м/с²), $R_2 = 1,4 \cdot 10^{-1}$ (м)- скорость, ускорение и радиус в конце трубки (около сопла). Данные величины были ранее рассчитаны, и показаны в Таблице 1.

Величина рабочего перепада давления, по формуле (23), равна $\Delta p = 2,93 \cdot 10^6$ (Н/м²).

Сравним эту величину с вычисленными ранее, в пункте 8.4 гидродинамическими потерями давления на трение по длине трубки $\Delta p = 3,2 \cdot 10^5$ (Н/м²). Вывод: гидродинамические потери составляют 11% рабочего перепада давления. Они были учтены при расчете мощности первой (винтовой) турбины, в пункте 8.3 данного отчета.

С учетом гидравлических потерь, рабочий перепад давления равен $\Delta p_p = 2,6 \cdot 10^6$ (Н/м²). Отметим, что в конструкции Ричарда Клема, рассмотренной нами в пункте 3.3 данного отчета, создавалось давление примерно такой же величины.

Перепад атмосферного давления ранее был учтен в пункте 8.5 и составляет сравнительно небольшую величину $\Delta p_{\text{стат}} = 10^3$ (Н/м²), которую в данном случае, можно не учитывать.

Отметим, что увеличение рабочего перепада давления может быть создано при уменьшении радиуса вращения жидкости в центрифуге, и увеличении радиуса вращения сопла. Уменьшать радиус вращения жидкости в центрифуге нежелательно, так как создаваемое в этой части конструкции центробежное давление является полезным эффектом, именно за счет него создается

сжатие рабочего тела. Целесообразно, для увеличения мощности, увеличивать радиус широкой части конусного ротора.

Зная величину рабочего перепада давления $\Delta p_p = 2,6 \cdot 10^6$ (Н/м²), найдем величину силы F, согласно формуле (24)

$$F = \Delta p_p S_8 \quad (24)$$

Для известной площади восьми сопел $S_8 = 6,2 \cdot 10^{-4}$ (м²), сила равна $F = 1,61 \cdot 10^3$ (Н).

Это сила, которой обладает суммарный поток жидкости, покидающий все восемь сопел с ускорением, поскольку на него действует перепад давления. Допустим, что мы заставим данный поток жидкости производить полезную работу в турбине с минимальным КПД, равным 50%, что отражает закон Ньютона, действующий при передаче импульса, которым обладает поток жидкости, крыльчатке турбины. При радиусе турбины $R = 1,4 \cdot 10^{-1}$ (м), мы можем найти крутящий момент на валу данной турбины, по формуле (25).

$$M_{кр} = F \cdot R \quad (25)$$

Расчет показывает, что крутящий момент, в данном случае, равен $M_{кр} = 2,25 \cdot 10^2$ (Нм).

При $n = 3000$ (об/мин), что соответствует угловой скорости $\omega = 314$ (рад/сек), мощность можно найти по формуле (26)

$$P = M_{кр} \omega \quad (26)$$

Получаем мощность $P = 70$ (кВт). С учетом минимального КПД =50%, получаем величину мощности $P = 35$ (кВт).

Учтем 11% потери на трение, и получим $P = 31$ (кВт).

Расчет, произведенный ранее по другой методике, в динамической модели, по формуле (11), показал близкое значение мощности $P = 28$ (кВт).

Вывод: расчеты величины мощности центробежного преобразователя энергии, выполненные в данной НИР по двум различным методикам, дают **близкие результаты, с погрешностью 10%.**

8.7 Конструктивные предложения по уменьшению потерь

В данной конструкции, предлагается работать на скоростях намного больше критической, но при этом, планируется применить в конструкции преобразователя такие методы, которые позволят существенно уменьшить потери, при сохранении заданных габаритов и диаметра трубок.

Первое предложение по исследованиям методов снижения гидродинамических потерь заключается в уменьшении вязкости рабочей жидкости. В предлагаемой конструкции, для снижения вязкости будет использована аэрированная жидкость, для которой надо рассматривать не сплошной поток жидкости, а газо-водную смесь, вязкость которой намного меньше вязкости воды. Без специальных мер по аэрации жидкости, неизбежно будет возникать явление кавитации, связанное с изменением агрегатного состояния жидкости, т.е. нарушением сплошного состояния жидкости, и превращения ее в парогазовую смесь, с образованием паровых и газовых пузырей (каверн в сплошном потоке жидкости). Обычно, кавитация является нежелательным явлением, и ее стараются избегать в обычных водопроводах. В нашем случае, данное явление может быть полезным, и применяться для уменьшения вязкости жидкой среды, а также для придания ей свойств упругого тела, что необходимо для накопления потенциальной энергии. В предлагаемой конструкции, явление кавитации создается в области центрифуги, для чего концы трубок входят во внутреннюю область полости центрифуги на 30 (мм).

Второе предложение по уменьшению потерь в предлагаемой конструкции, состоит в том, что необходимо экспериментально изучить возможность уменьшения потерь при создании особого режима движения потока жидкости в трубе, а именно, движения частиц жидкости по винтовой траектории, то есть «ламинарно-вихревой» режим. Это решение позволяет называть предлагаемую конструкцию не только центробежным, но и вихревым преобразователем энергии.

Известно, что вихревое движение потока может самоорганизовываться, путем самоорганизации вращения потока вокруг своей оси, если поток имеет возможность ускоренно двигаться, но, при этом, силы пограничного трения оказывают сопротивление данному ускоренному движению. Практически, любая, текущая с ускорением вниз, струя воды, начинает самопроизвольно вращаться, так как это создает условия уменьшения трения о стенки канала, по которому течет жидкость. Центральная часть потока движется быстрее, а на границах потока, где трение о корпус или внешнюю среду максимальное, образуются микровихри, которые обеспечивают минимум трения и возможность ускорения общей массы потока. Возникающее вихревое движение, таким образом, снижает сопротивление движению потока на его граничных

поверхностях. В целом, движение частиц жидкости происходит по спиральной винтовой траектории.

Физическое обоснование данного метода состоит в том, что при осевом вращении потока в нем возникает центробежная сила, прижимающая его к стенкам трубки. Эта сила может значительно уменьшить, и даже полностью устранить, поперечные колебания частиц жидкости, обуславливающие турбулентность.

Вывод: целесообразно конструктивно обеспечить ускорение осевой части потока путем создания его осевого вращения, то есть вихревым методом. Предлагаются конструктивные методы его создания – винтовая резьба внутри трубки, или микротурбина, устанавливаемая в начале трубки. Проверка данного метода, в потоке воздуха, была проведена ранее, и рассмотрена в пункте 3.9 данного отчета. Виктор Шаубергер, описал эти методы в своих патентах [12] и [13]. На Рисунке 25 показано его предложение по конструкции трубки (канала) для воды.

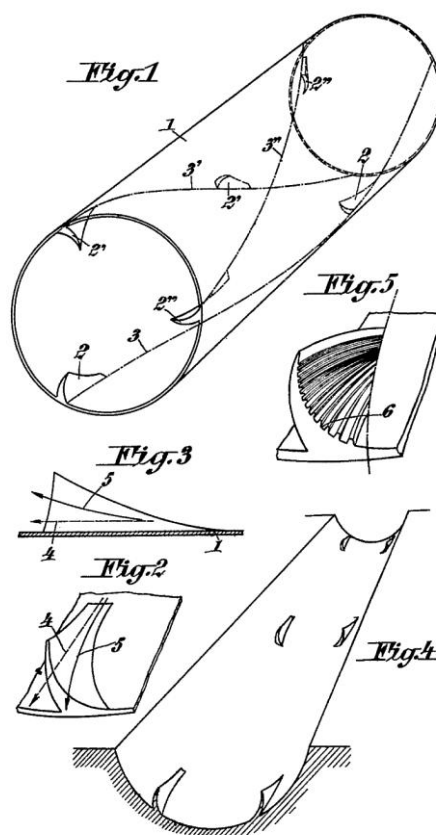


Рисунок 25. Предложение Шаубергера по конструкции трубки для воды.

Ускорение жидкости обеспечивается закручиванием основного потока внутри трубы на специальных направляющих выступках. В зоне пониженного давления (вдоль оси вращения) течет спиральный поток, это основной транспортируемый материал (рабочее тело). Скорость переноса рабочей жидкости вдоль оси трубы в этой зоне пониженного давления увеличивается. Область повышенного давления вблизи стенок трубки выступает в роли опорного валика качения, там создаются микровихри.

Профессор Милович [15] при анализе таких винтовых (вихревых) потоков жидкости, писал: «Винтовое движение жидкости - это движение, при котором каждая частица жидкости не только движется поступательно по своей траектории, но и вращается вокруг оси касательной к этой траектории в точке положения самой частицы. Результатом этого вращения является сдвиг последовательных слоев жидкости относительно друг друга в направлении, нормальном к поступательной скорости, что порождает движение всей ее массы в плоскости, нормальной к основному направлению. Возникает вращение потока вокруг своей продольной оси, причем кинетическая, энергия этого движения в точности равна кинетической энергии продольного течения».

Из этого следует важный вывод о том, что снижение гидродинамических потерь в целях увеличения кинетической энергии осевого потока, которое необходимо реализовать в конструкции ротора, **возможно только при создании конструктивных условий увеличения кинетической энергии вращения потока вокруг своей оси.**

Предлагаемое, в рамках данной НИР, *применение медных трубок круглого сечения* не мешает вращению потока вокруг своей оси. Напротив, прямоугольные фрезерованные каналы для движения жидкой рабочей массы, которые используются в других конструкциях, не обеспечивают выполнение данного условия.

Дополнительные конструктивные элементы, а именно, **внутренняя винтовая резьба (винтовая нарезка) с большим шагом (примерно 3 – 7 радиусов)** в начале трубки, обуславливают образование осевого вращения потока жидкости, в целях снижения гидродинамических потерь.

Расчет, конструирование и применение микротурбин внутри трубок, по методу Шаубергера, показанному в патенте [13], целесообразно провести в рамках следующего этапа

исследований, при выполнении опытно-конструкторских работ и подготовке производства преобразователей энергии. Конструкция, предложенная Шаубергером, показана на Рисунке 26.

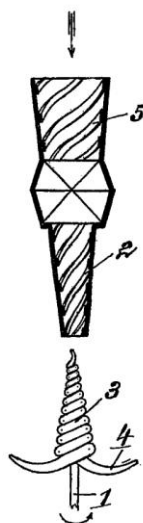


Рисунок 26. Микротурбина Шаубергера.

Отметим, что в конструкции преобразователя Шаубергера, показанной на Рисунке 6, микротурбина устанавливалась в конце трубки на сопло, а не в начале трубки. Представляется целесообразным, ставить турбину в начале трубки, а не в конце. Данное техническое решение интересное, но как и любой дополнительный динамический элемент конструкции, значительно снижает ее надежность, и повышает ее себестоимость. Применение пассивных конструктивных элементов, а именно, **винтовой нарезки внутри начального участка трубки, без турбин**, позволит получить эффективное снижение гидродинамических потерь в предлагаемой конструкции.

Отметим важную роль величины сечения и длины обратного трубопровода, которые определяют величину гидродинамических потерь рабочего давления на участке возврата рабочей жидкости. При увеличении сечения трубы, уменьшается скорость движения жидкости и потери. Расчет потерь давления, для $n = 3000$ (об/мин), по формуле (14) для возвратной трубы диаметром два дюйма $D = 5 \cdot 10^{-2}$ (м), длиной $L = 1,2$ (м), при скорости $V = 18$ (м/с), дает величину потерь давления примерно равной $\Delta p = 1,7 \cdot 10^5$ (Н/м²), что составляет около 7% рабочего перепада давления. Рекомендуется прокладывать обратный трубопровод по кратчайшему пути, и использовать плавные скругления поворотов трубопровода. Не рекомендуется использовать гофрированные шланги.

Общие потери в рассматриваемой гидравлической системе, с учетом 11% потерь в трубках ротора и 7% потерь в возвратном трубопроводе, для $n = 3000$ (об/мин), составляют около 18% давления. Эти потери эквиваленты создаваемой тепловой энергии, которую необходимо отводить из системы внешним теплообменником.

9 Обоснование необходимости проведения экспериментальных работ

В пункте 8 данного отчета, содержащего основные расчеты конструктивных параметров, указано на необходимость проведения экспериментальных исследований. Основной задачей экспериментальных работ является проверка концепции, методики расчета мощности и оценки потерь. Учитывая, что основной вклад в создание крутящего момента на валу ротора, и соединенного с ним электрогенератора, создает третья турбина с крыльчатками, главной задачей экспериментальных исследований является получение эмпирических данных о ее оптимальных параметрах. Планируется практически изучить эффективность различных форм крыльчаток третьей турбины, а также найти оптимальный угол их установки. Для этого, в предлагаемой конструкции преобразователя энергии предусмотрена возможность регулировки угла поворота крыльчаток турбины.

В ходе исследований планируется получить реальные данные по эффективности способа уменьшения гидравлических потерь, предложенного Шаубергером.

В нескольких экспериментах, планируется изучить работу преобразователя с трубками, не имеющими внутренней винтовой нарезки в начальной части (после центрифуги), а затем, работу преобразователя с трубками, имеющими внутреннюю винтовую нарезку. Шаг винтовой нарезки должен быть проверен на нескольких вариантах конструкции, он может составлять от 3 до 10 диаметров трубки, для получения эмпирических данных о влиянии наличия винтовой нарезки в трубке и величины ее шага на уменьшение гидродинамических потерь.

10 Ожидаемые результаты

Основной результат, который должен быть показан в ходе предлагаемой НИР, заключается в доказательстве работоспособности центробежно-вихревого преобразователя. После запуска от внешнего привода (насоса), машина должна набрать номинальные обороты и обеспечивать постоянную мощность на валу, необходимую для работы электрогенератора под нагрузкой не менее 10 (кВт) при $n = 3000$ (об/мин). Кроме того, ожидается получить осевую силу тяги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной НИР, дан расчет конструкции экспериментального центробежно-вихревого преобразователя тепловой энергии среды. Поставленная задача будет решена полностью, после получения экспериментальных данных по возможности реализации режима самовращения, и проведения измерений зависимости мощности на выходе центробежно-вихревого преобразователя от числа оборотов ротора. При этом, станет возможным более точно конструировать данный тип машин, с целью создания серийного производства силовых установок автономного типа, не требующих топлива.

Погрешность расчета, в рамках данной НИР, которая составляет 10%, вызвана усреднением величины ускорения движущейся рабочей жидкости. Это допущение уменьшает расчетные данные по мощности, то есть, реальная мощность должна быть несколько больше расчетной. Оценка достоверности полученных результатов станет возможно при получении режима самовращения ротора машины.

Выводы по результатам выполненной НИР заключаются в следующем: несомненно, что представляется возможным получение крутящего момента в центробежных машинах, за счет реактивного эффекта истекающей из сопла рабочей жидкости, как это было показано Сегнером, но также представляется возможным получение автономного режима работы под нагрузкой, в режиме самовращения ротора, центробежной машины замкнутого цикла, при выполнении ряда конструктивных условий. Эти условия должны обеспечивать последовательное накопление потенциальной энергии в форме упругого сжатия рабочей жидкости, и ее последующее преобразование в кинетическую энергию, с передачей этой кинетической энергии ротору в виде вращающего момента. Уменьшение потерь, и прежде всего, гидродинамических потерь, может быть обеспечено за счет создания особого (винтового) режима движения жидкости в трубке, который назван «ламинарно – вихревым» режимом.

Разработка новых методов энергоснабжения требует совместных усилий конструкторов и производственников по созданию принципиально новых образцов техники в области генераторов энергии. Использование результатов данной НИР в энергетике, включая транспорт, позволит решить вопрос снижения себестоимости продукции и улучшения энергообеспечения объектов.

Данная НИР не имеет известных аналогов, и является передовой разработкой в области ее применения.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менделеев, «Попытка химической концепции эфира», Санкт - Петербург, типолитография М. П. Фроловой, 1905 г.
2. К.А.Путилов, «Курс физики», Москва, 1952 г.
3. К.Э. Циолковский. Второе начало термодинамики, Калуга, Типография С.А. Семёнова, 1914 г.
4. Клаузиус, Poggendorff's An., том 81, стр. 168, 1850 г.
5. Г. Н. Буйнов. Монотермическая установка (Цикл с термосорбционным компримированием газа и внутренним использованием энтальпии образования). Журнал «Русская Мысль», №2, 1992 г. Стр.72-79 (ЖРФХО, Т. 64, выпуск №2).
6. Г.Н. Буйнов. Расщепители тепла на базе бинарной системы. Научный журнал «ЖРФМ», №1-6, 1993 г. Стр. 54-61 (ЖРФХО, Т. 65, выпуск №2).
7. Г. Н. Буйнов. Двигатель второго рода (Спаренный газохимический цикл). Научный журнал «ЖРФМ», №1-6, 1995 г. Стр. 60-74 (ЖРФХО, Т. 67, выпуск №1).
8. Г. Н. Буйнов. Теплоэлектролизный инверсер – альтернатива ядерному реактору. Научный журнал «ЖРФМ», №1-6, 1995 г. Стр. 150-162 (ЖРФХО, Т. 67, выпуск №1).
9. Г. Н. Буйнов. Крах второго начала термодинамики. Научный журнал «ЖРФМ», №1-12, 1997 г. Стр. 5-16 (ЖРФХО, Т. 69, выпуск №1).
10. Джеймс Харди (James D. Hardy) патент США 2007/0018461 A1 от 25 января 2007 года.
11. В.И.Богомолов. Эксперимент по использованию центробежных сил. Журнал «Новая энергетика», №5, 2003 г.
12. В. Шаубергер, австрийский патент № 134543.
13. В. Шаубергер, австрийский патент № 117749.
14. М. Фарадей, Письмо «Размышления об электрической проводимости о природе материи» (Ричарду Тэйлору, эсквайру), Королевский институт Великобритании, 25 июня 1844 г.
15. А.Я. Милович. Основы динамики жидкости (гидродинамика). Госэнергоиздат, 1933 г.