



*Федеральное агентство по рыболовству*  
*Федеральное государственное бюджетное образовательное*  
*учреждение высшего образования*  
*«Астраханский государственный технический университет»*  
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS  
по международному стандарту ISO 9001:2015

Институт морских технологий, энергетики и транспорта

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль «Тепломассообменные процессы и установки»

Кафедра «Теплоэнергетика и холодильные машины»

## **Магистерская диссертация**

13.04.01- 20192442-2021-0065

**Разработка и исследование параметров конвективно-  
вихревой солнечно-ветровой энергоустановки для  
автономного энергоснабжения объектов**

Выполнила ст-ка гр. ДТЕТМ-21  
Пахалев А.Д..  
Руководитель  
д.т.н. профессор Шишкин Н.Д.

Астрахань, 2021 г.

# АКТУАЛЬНОСТЬ

Учитывая огромный потенциал ВИЭ в России их использование совместно с ТНУ для теплоснабжения является перспективным за счёт получения более дешевой электроэнергии для привода ТНУ, и использования ВИЭ для дополнительного сезонного нагрева горячей воды.

## **Цель исследования:**

Разработка и исследование параметров конвективно-вихревой солнечно-ветровой энергоустановки (КВСВЭУ) для автономного энергоснабжения объектов

## **Задачи исследования:**

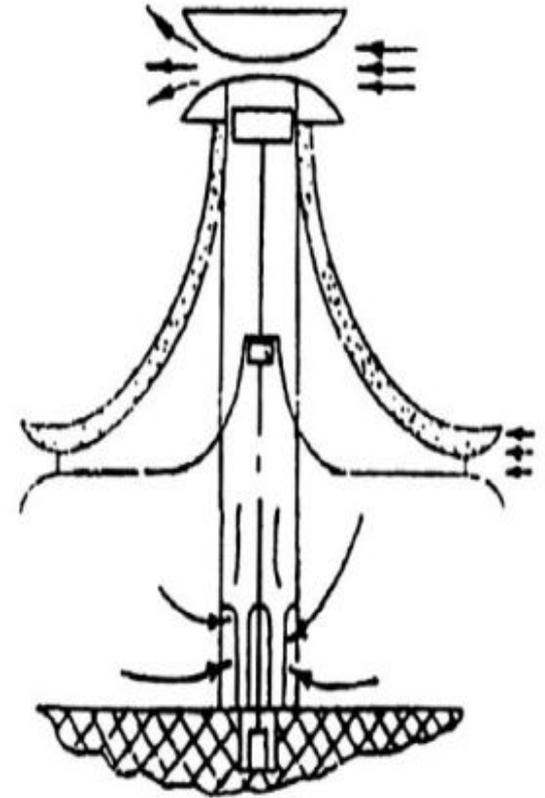
Оценка запасов и потребление энергоресурсов;

Анализ конструкций КВСВЭУ для автономного энергоснабжения объектов;

Исследование энергетических параметров КВСВЭУ для автономного энергоснабжения объектов

Анализ схем применения предлагаемой КВСВЭУ для автономного энергоснабжения объектов;

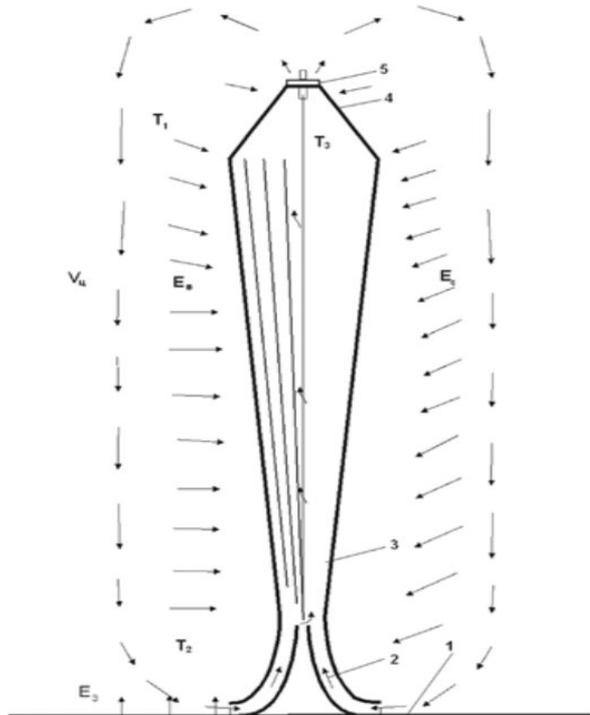
Оценка энергетической и технико-экономической эффективности КВСВЭУ для автономного энергоснабжения объектов.



**Вихревая ветроэнергостанция** фирмы **Gumman Aerospace Corporation** для генерирования вихрей используется башня, установленная над осевыми ветроколесами в кольцах. Для типовых систем диаметр башни может быть в 3 раза больше диаметра ветроколеса, а высота башни – в 3 раза превышать ее диаметр или быть в 9 раз больше диаметра ветроколеса

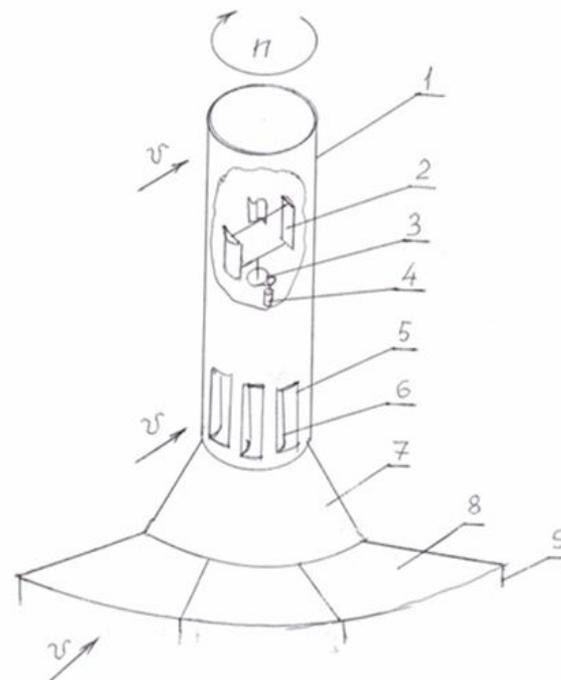
**Схема циркуляции воздуха атмосферы и концентрации его энергии в гипотетической электростанции типа «Торнадо»:**

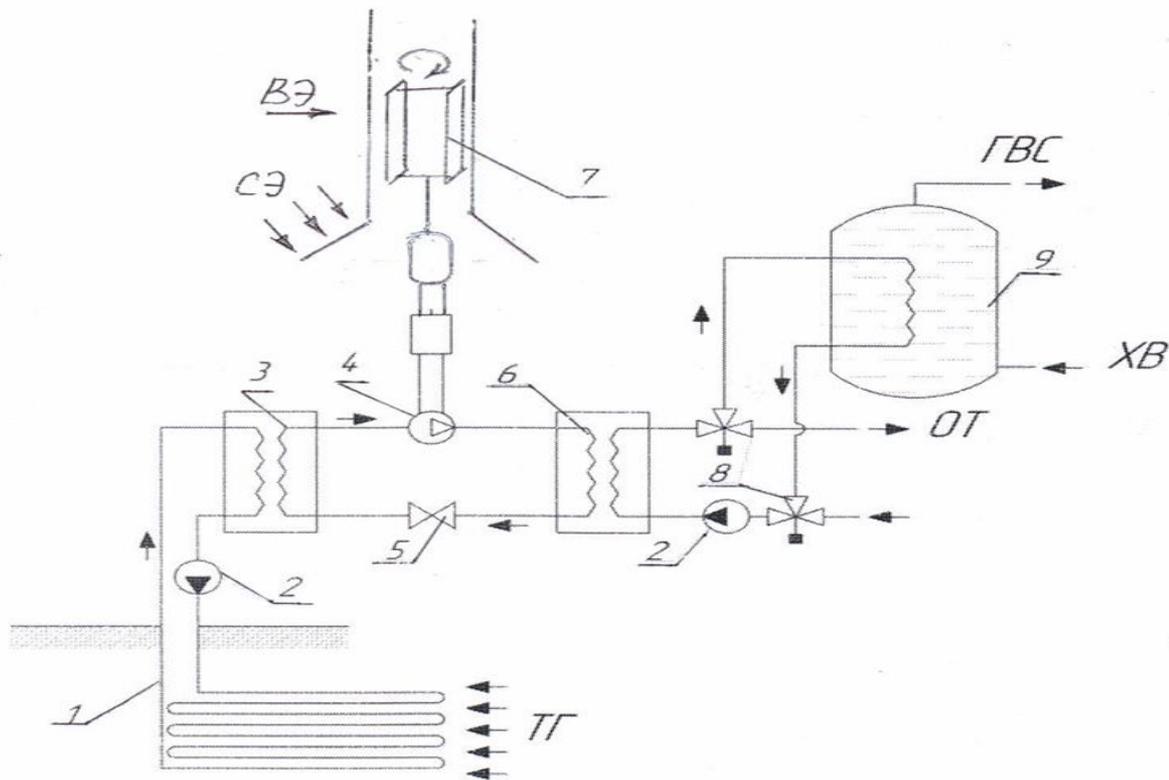
1 – поверхность Земли; 2 – входной гелиоколлектор; 3 – вихреобразующий конфузор; 4 – разгонный диффузор; 5 – турбогенератор



**Вариант конструкции КВСВЭУ с КРДС и СВПУ**

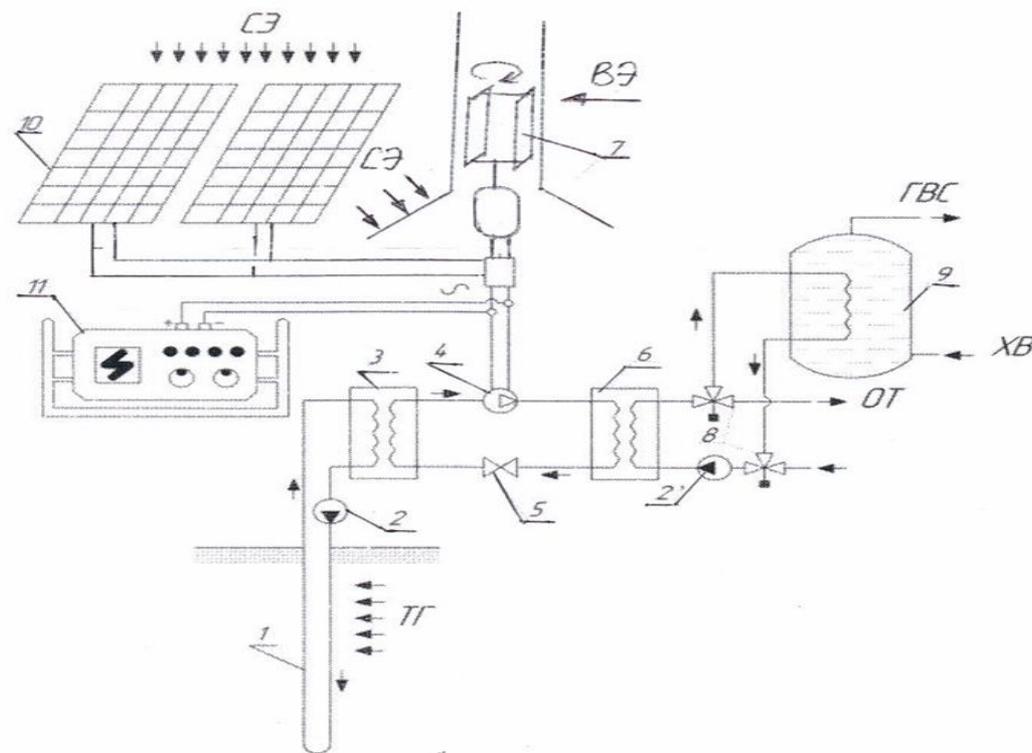
- 1 – вихревая труба; 2 - КРДС;
- 3 – мультипликатор;
- 4 – электрогенератор;
- 5 – отверстия;
- 6 – направляющие лопатки;
- 7 – конфузор;
- 8 – остекление СВПУ;
- 9 – стойки для остекления





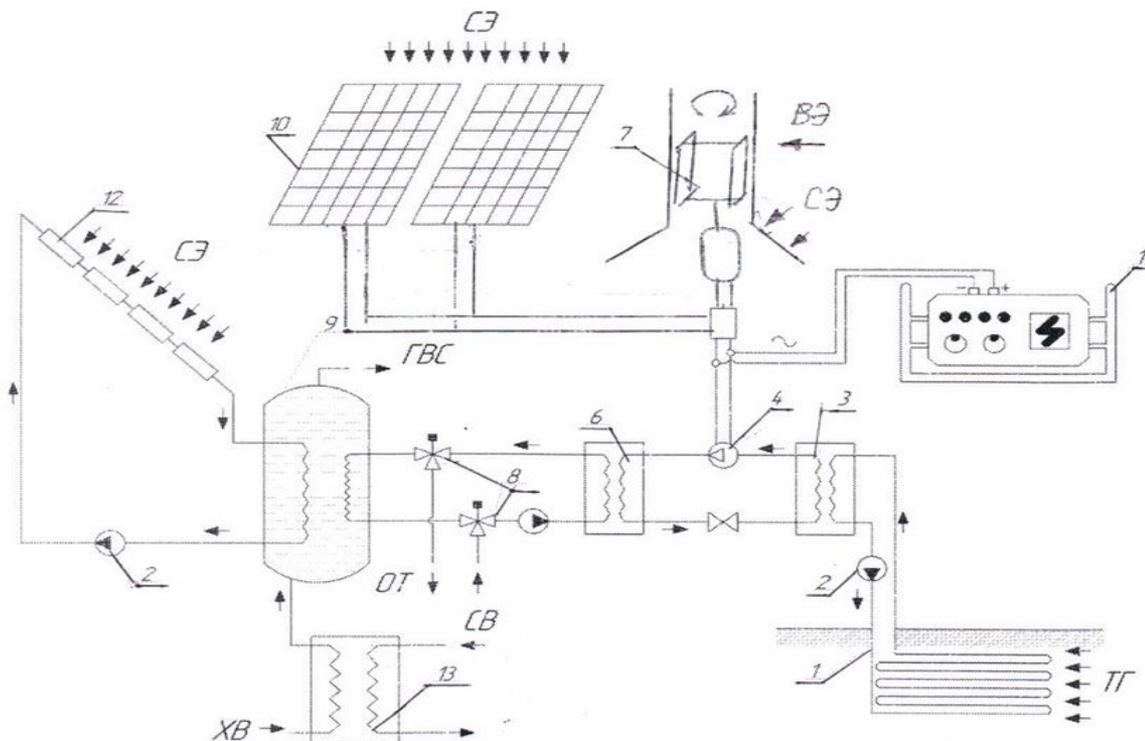
### Схема использования КВСВЭУ совместно с ТНУ

1 – внешний контур теплового насоса; 2 – циркуляционный насос; 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – расширительный вентиль; 6 – конденсатор; 7 – КВСВЭУ; 8 – реверсивные клапаны; 9 – бак аккумулятор косвенного нагрева.



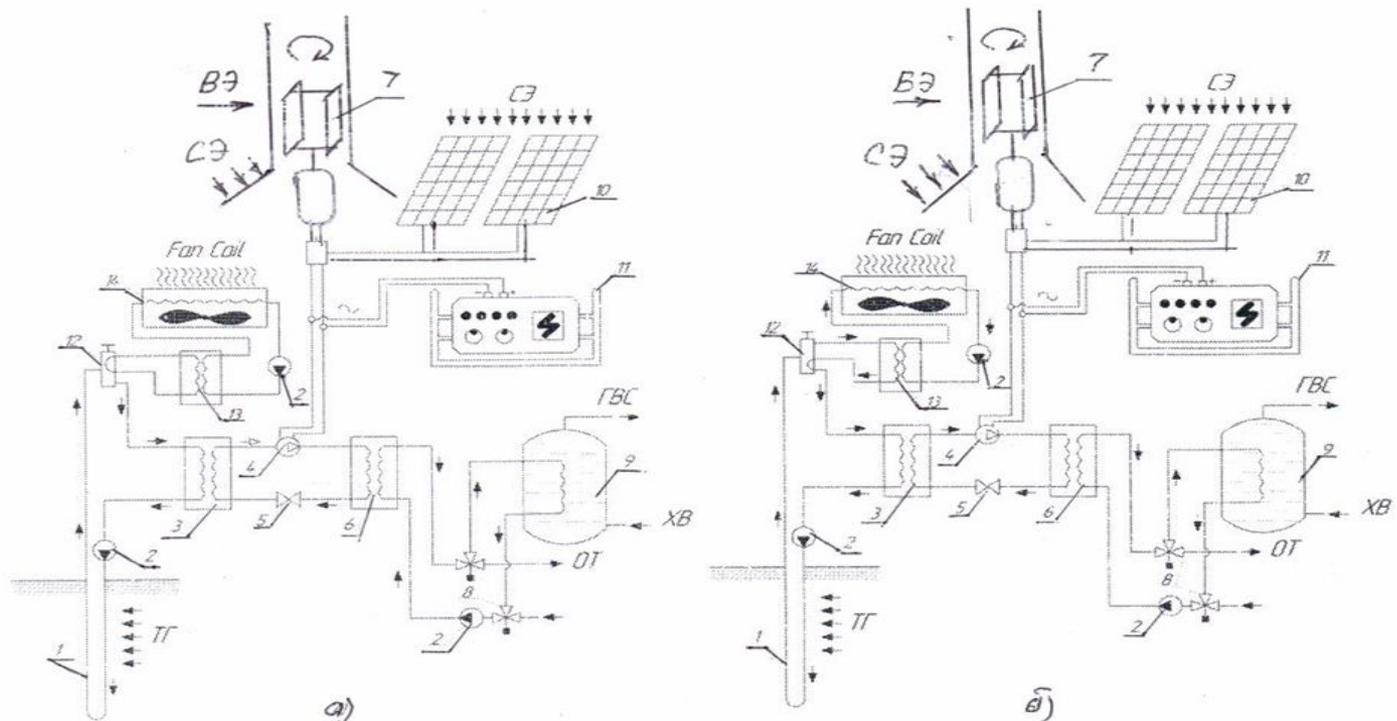
### Схема использования КВСВЭУ совместно с ТНУ и ФЭП

1 – внешний контур теплового насоса; 2 – циркуляционный насос; 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – расширительный вентиль; 6 – конденсатор; 7 – КВСВЭУ; 8 – реверсивные клапаны; 9 – бак аккумулятор косвенного нагрева; 10 – ФЭП; 11 – топливный электрогенератор.



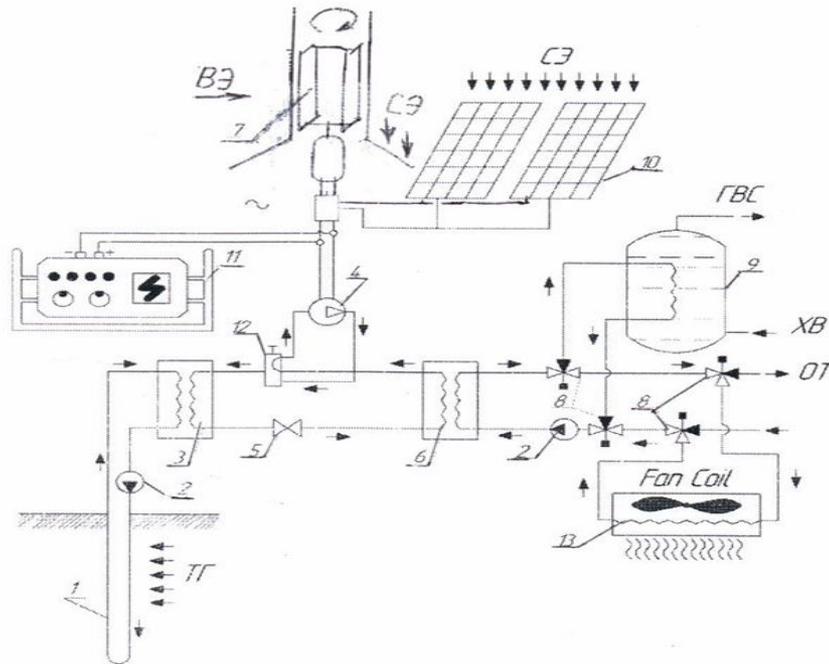
**Схема использования КВСВЭУ совместно с ТНУ, КСЭ и УТСВ**

**1 – внешний контур теплового насоса; 2 – циркуляционный насос; 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – расширительный вентиль; 6 – конденсатор; 7 – КВСВЭУ; 8 – реверсивные клапаны; 9 – бак-аккумулятор тепловой энергии; 10 – ФЭП; 11 – топливный электрогенератор 12 – коллектор солнечной энергии; 13 – УТСВ.**



**Схема использования КВСВЭУ с пассивной системой охлаждения совместно с ТНУ и ФЭП**

**1 – внешний контур теплового насоса; 2 – циркуляционный насос; 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – расширительный клапан; 6 – конденсатор; 7 – КВСВЭУ; 8 – реверсивные клапаны; 9 – бак аккумулятора косвенного нагрева; 10 – ФЭП; 11 – топливный электрогенератор; 12 – четырехходовой клапан; 13 – теплообменник системы охлаждения; 14 – фанкойл.**



## Схема использования КВСВЭУ совместно с ТНУ

### с активной системой охлаждения совместно с ФЭП

1 – внешний контур теплового насоса; 2 – циркуляционный насос; 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – расширительный вентиль; 6 – конденсатор; 7 – КВСВЭУ; 8 – реверсивные клапаны; 9 – бак аккумулятора косвенного нагрева; 10 – ФЭП; 11 – топливный электрогенератор; 12 – четырехходовой клапан; 13 – фанкойл.

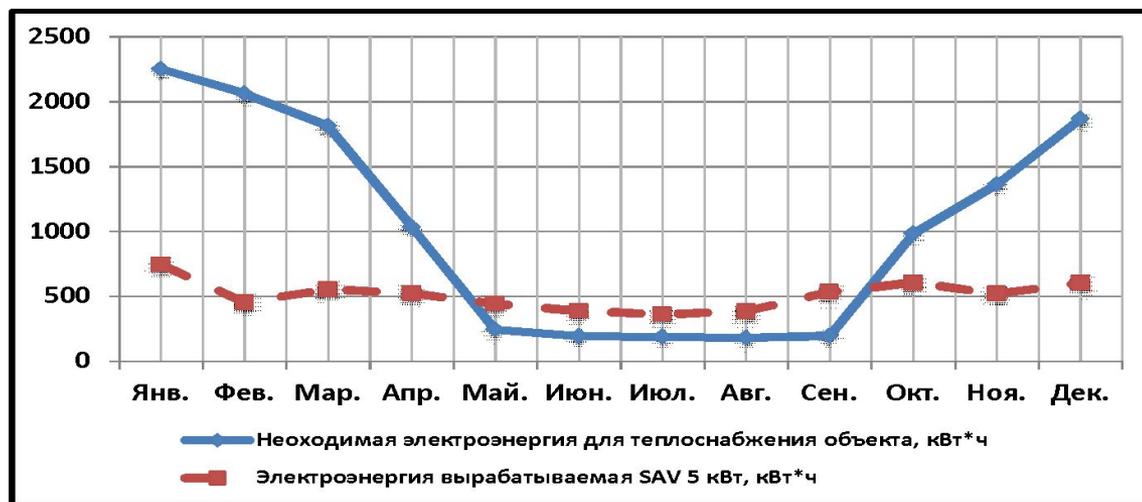
# Необходимое количество тепловой энергии для теплоснабжения дома

Месяц	$Q_{от}$ , МДж/месяц	$Q_{ГВС}$ , МДж/месяц	$Q_{общ}$ , МДж/месяц
1	17363,02	2591,6	19954,62
2	15406,62	2340,8	17747,42
3	13205,68	2332,44	15538,12
4	6863,17	2257,2	9120,37
5	0,00	2332,44	2332,44
6	0,00	2006,4	2006,40
7	0,00	2073,28	2073,28
8	0,00	2073,28	2073,28
9	3313,25	2257,2	5570,45
10	8375,82	2332,44	10708,26
11	11537,22	2257,2	13794,42
12	14978,66	2591,6	17570,26
$\Sigma Q_{общ}$ , МДж/год			115176,06

# Анализ схемы теплоснабжения – КВСВЭУ совместно с ТНУ.

Повторяемость в % скоростей ветра по градациям в м/с в с. Черный Яр, м/с

м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-1	12,0	19,0	17,6	17,1	24,2	25,5	24,1	25,6	18,9	17,5	16,3	15,3
2-3	29,0	31,9	40,6	36,4	38,1	36,4	38,8	35,2	33,9	36,9	33,5	35,6
4-5	29,7	29,9	24,8	23,9	22,8	22,8	23,6	23,8	24,9	24,8	30,3	26,2
6-7	15	11,5	8,8	12,8	5,2	8,9	8,6	9,3	12,4	8,4	10,1	11,6
8-9	6,0	2,9	3,1	5,5	3,4	3,5	2,5	3,9	4,9	4,9	5,3	4,8
10	8,3	4,8	7,1	4,3	5,2	3,0	2,6	2,2	5,0	7,5	4,5	6,5



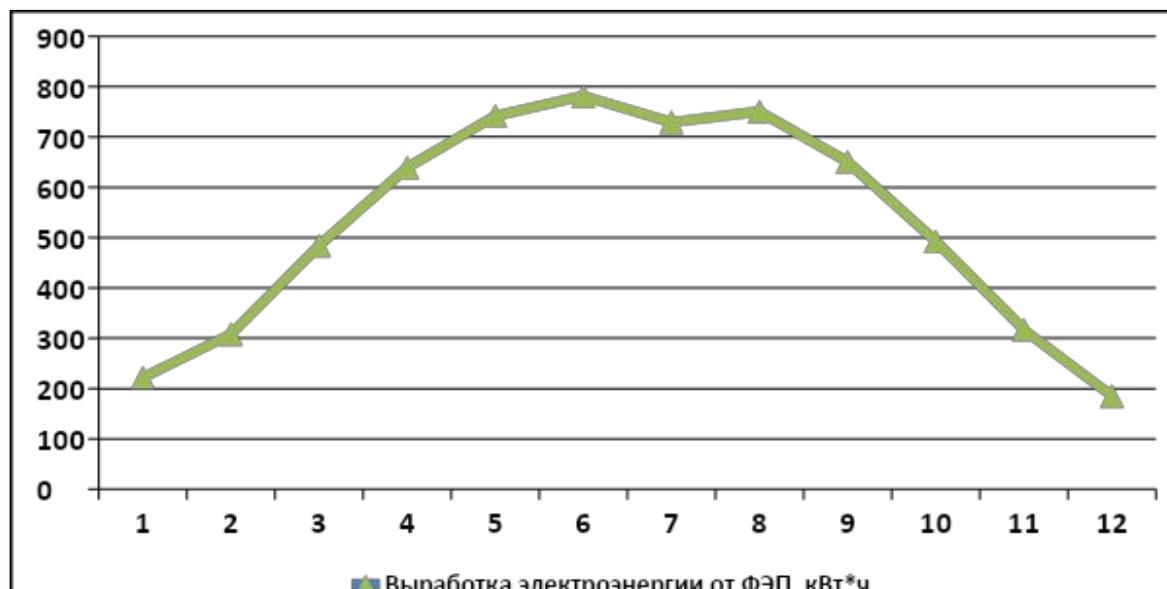
Выработка  
электроэнергии от  
КВСВЭУ мощностью  
5кВт

Рисунок 4.6 – Энергобаланс схемы КВСВЭУ совместно с ТНУ

## Анализ энергокомплекса – КВСВЭУ совместно с ТНУ и ФЭП.

Технические характеристики комплектующих солнечной электростанции «ЭкоКомфорт» модели ЭС 03.05

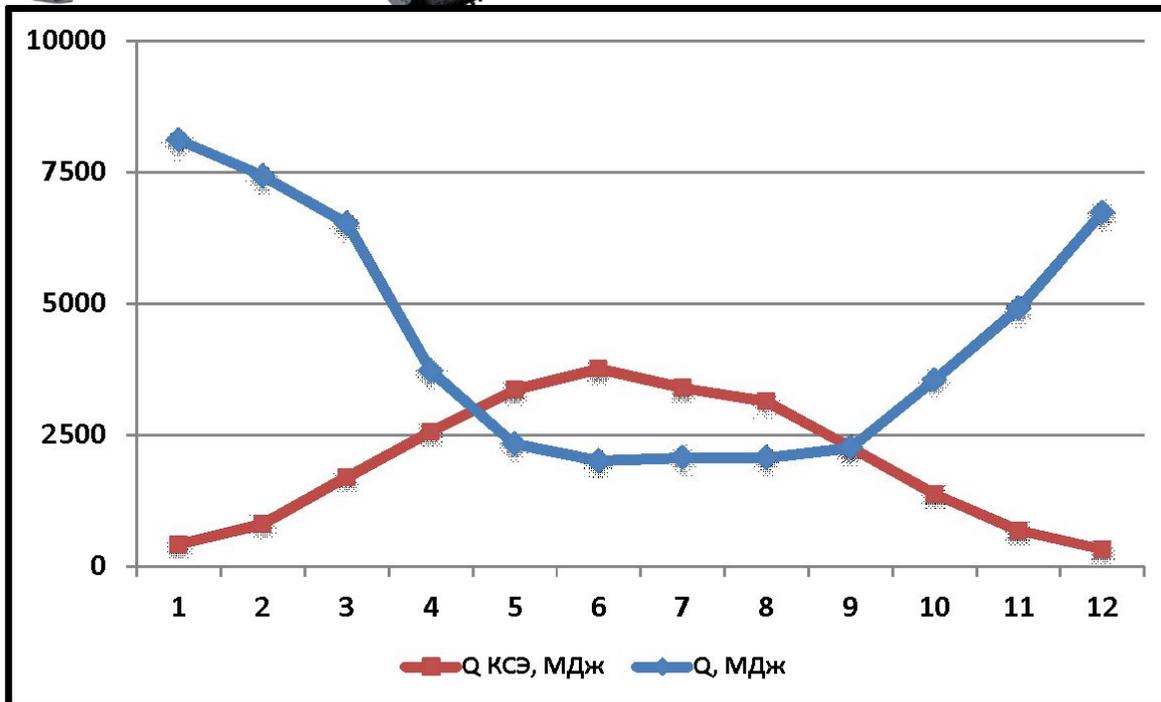
Солнечные модули	
Модель	СНН 250-60P
Тип элементов	Поликристаллические Grade A ФЭП 156x156 мм.
Мощность солнечных модулей	250Вт
Стоимость одного модуля	12000 р
Стоимость контроллера, инвертора и аккумуляторных батарей	178000



# Анализ энергокомплекса – КВСВЭУ совместно с ТНУ, ФЭП и КСЭ



**Вакуумный солнечный коллектор Altek SC-LH1**

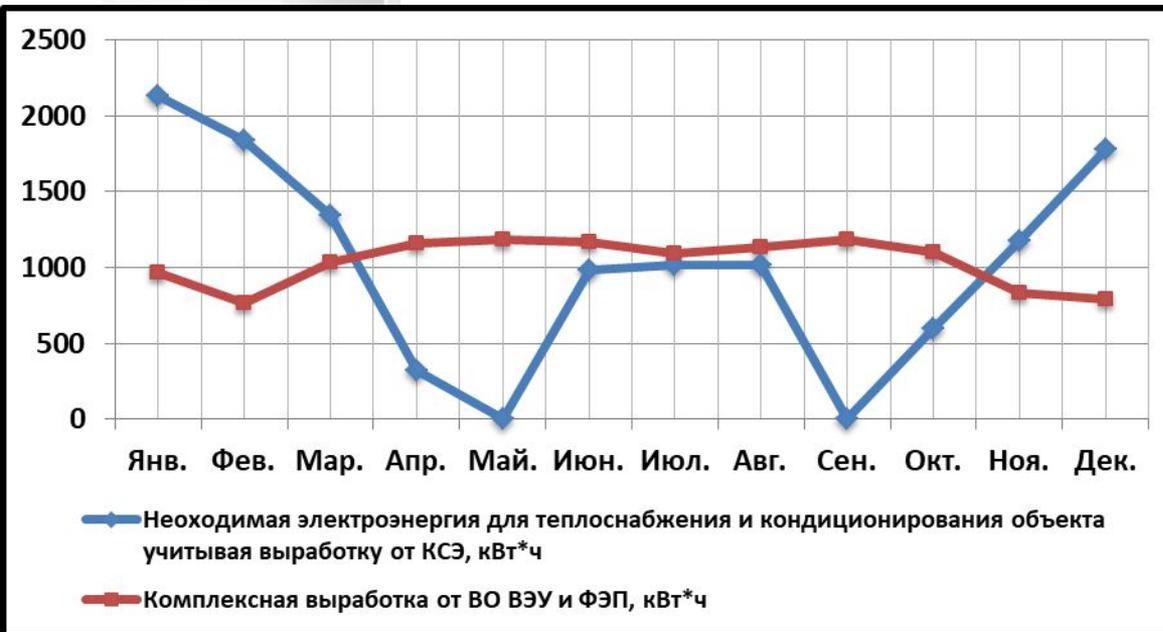


Тип коллектора	Вакуумный
Тип вакуумной трубки	Heat-pipe
Принцип работы	Под давлением
Режим использования	Круглогодичное
Количество трубок	10, 15, 20, 30 (шт.)
Толщина стекла	1.8 (мм)
Минимальная рабочая температура окружающей среды	-50.0 (град.)
Максимальная температура окружающей среды	60.0 (град.)
Способ монтажа	Наклонный
Угол наклона	60.0 (град.)
Максимальное давление	6.0 (бар)
Коэффициент поглощения	95.0 (%)
Коэффициент рассеивания	5.0 (%)
КПД, не менее	95.0 (%)
Срок службы	25.0 (лет)
Параметры трубок	
Толщина стенки	1.8 (мм)
Длина трубок	1800.0 (мм)
Внешний диаметр трубок	58.0 (мм)
Материал трубки	Стекло
Стоимость установки с 30 трубками	57300 р

# Анализ энергокомплекса – КВСВЭУ с системой охлаждения совместно с ТНУ, ФЭП и КСЭ.

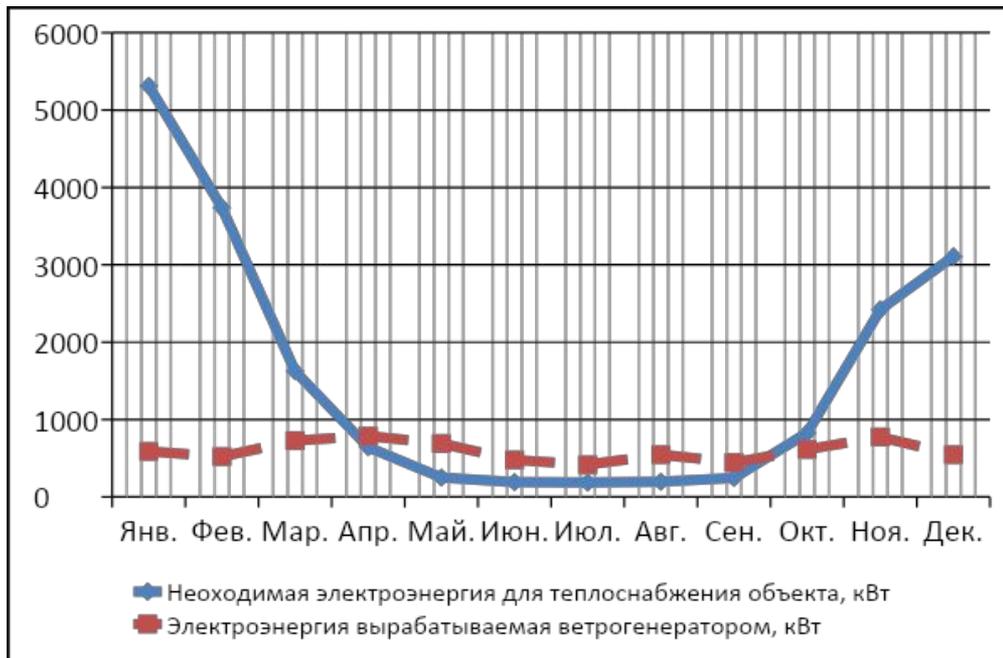
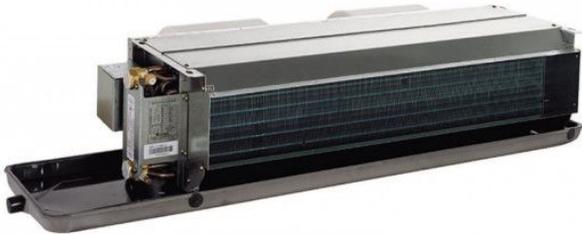


## ГЕОТЕРМАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС NIBE F1145-12



(B0/W55) **	
Заданная выходная мощность при номинальной нагрузке, кВт	11,15
Мощность охлаждения, кВт	7,86
Электрическая мощность, кВт	3,29
Коэффициент теплопроизводительности, кВт	3,39
Погружной нагреватель, кВт	9,0
Мощность насоса теплоносителя, Вт	7-72
Контур хладагента	
Объем хладагента, кг	2,2
Контур рассола	
Номинальный поток, л/с	0,43
	-10
Трубные соединения	
Внешний диаметр трубы для рассола, мм	28
Внешний диаметр трубы для хладагента, мм	28
Внешний диаметр трубы для горячей воды, мм	28
Внешний диаметр трубы для холодной воды, мм	28
Мощность насоса (рассол), Вт	35-185
Объем водонагревателя, л	150
Стоимость, р	635700

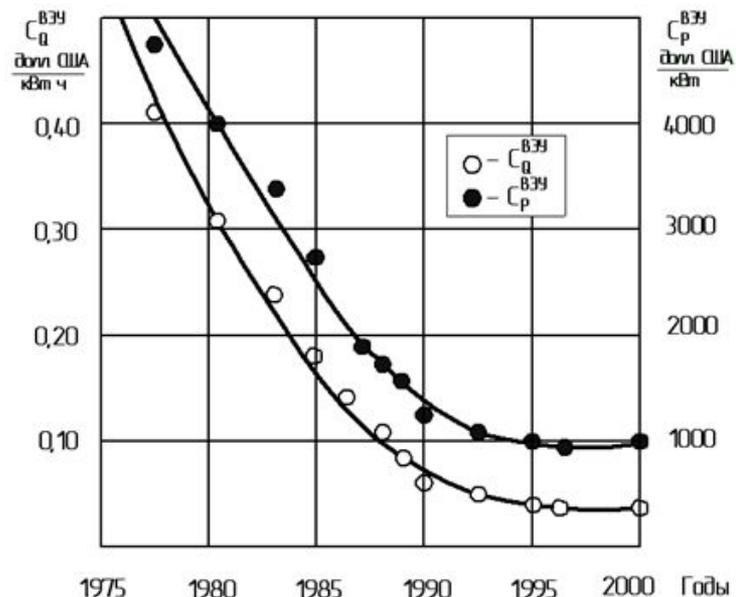
## Фанкойлы фирмы Aeronik



Модель	AFP-34BA5/D-K
Производительность охлаждение	2
Производительность нагрев	2,7
Электропитание	1Ф/220-240В/50 Гц
Входная мощность	0,05кВт
Стоимость	14582 р
Модель	AFP-34BA5/D-K

# Эффективность конвективно-вихревой солнечно-ветровой энергоустановки для автономного энергоснабжения объектов

Усредненные данные по себестоимости получаемой энергии



Как видно из рисунка с 1975 по 2020 годы удельные капитальные затраты на ВЭУ уменьшились в 5 раз, стабилизировались и составляют в настоящее время (в 2021 году) 800-1200 \$/кВт, а себестоимость получаемой энергии в 10 раз и составляет = 0,04-0,06 \$/кВт·ч.

# Заключение

- Сравнительная оценка ресурсов ВИЭ в Астраханской области показывает, что основная часть ресурсов ВИЭ (82,34 %) приходится на долю солнечной энергии, на долю ветровой энергии приходится 17,40 %, а на долю гидроэнергии и биогаза приходится лишь 0,26 % ресурсов ВИЭ.
- ВИЭ смогут найти все более широкое применение для водо-, тепло-, газо- и электроснабжения все более крупных объектов и потребителей.
- Применение ТНУ в сочетании с возобновляемыми источниками энергии и вторичными энергоресурсами позволяет получить КПД = 3,0 и более эффективно, чем применение традиционных систем теплоснабжения, использующих ТЭР.
- Воздух как ИНТ эффективнее использовать в летний период года для горячего водоснабжения, т. к. КПД в этом случае сравнительно
- Грунтовый ТН более эффективным по сравнению с воздушным.

# Результаты диссертации опубликованы в работах

- Шишкин Н.Д., Пахалев А.Д. Разработка конструкции комбинированной солнечно-ветровой установки // ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ, ОБЩЕСТВА, ПРОИЗВОДСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Волгоград, 29 мая 2021 г.). - Стерлитамак: АМИ, 2021. – С. 174-178.
- Шишкин Н.Д., Пахалев А.Д. Исследование энергетических параметров конвективно-вихревой солнечно-ветровой энергетической установки // НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (4 июня 2021г.Уфа), 2021. С.»

**Спасибо за внимание!**