





































комбинацию солнечных коллекторов и резервного парогенератора. Турбоустановка была испытана при различной электрической нагрузке от 5 % до 100 %.



*а)*

*б)*

Рис. 9. Испытательный стенд МЭК,

*а)* группа вакуумных солнечных коллекторов системы пароприготовления; *б)* микро-турбинная установка

На реализованных объектах были испытаны основные компоненты энергокомплекса на базе влажно-паровой турбины, были подтверждены заявленные характеристики экспериментальными исследованиями.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изложены научно-обоснованные технические решения по разработке микроэнергокомплекса для автономного энергоснабжения малоэтажного потребителя за счет комбинации традиционных и возобновляемых источников энергии, имеющие существенное значение для развития малой энергетики Российской Федерации. Основные выводы и результаты следующие.

1. Установлено, что для индивидуального, автономного энергопотребления эффективно использовать энергокомплекс, работающий на комбинации традиционных и возобновляемых источниках энергии, имеющий соотношение тепловой и электрической мощностей 13/1 с максимальными мощностями по тепловой 65 кВт, и электрической энергии 5 кВт.
2. Впервые разработана одноступенчатая центростремительная влажно-паровая микротурбина вертикального исполнения, электрической мощностью 5 кВт, способная обеспечивать, как когенерационную, так и тригенерационную выработку энергии в комплексе с тепловым насосом.
3. Получен суммарный коэффициент использования располагаемого тепла микротурбины 0.98 – 0.99, что включает долю на выработку электроэнергии 0.07 – 0.08 и на тепло 0.9 – 0.91, при этом повышается энергетическая эффективность работы микротурбины на 35-40 %, по сравнению с существующими паровыми турбинами.
4. Определены оптимальные рабочие параметры влажно-паровой микротурбины (давление 0.6 МПа; температура 160 °С; частота вращения 35000 об/мин), что позволило минимизировать габариты микротурбины (внешний диаметр рабочего

колеса 163 мм, высоту лопатки на входе 10 мм) и обеспечить максимальный относительный внутренний КПД турбины равный 58 %.

5. Разработана тепловая схема энергокомплекса на базе влажно-паровой микротурбинной установки, состоящая из трех циркуляционных контуров: системы пароприготовления, системы производства электроэнергии и системы производства тепла на отопление и горячее водоснабжение, позволяющая отдельно регулировать нагрузку, как по электрической, так и по тепловой энергии.
6. Произведено внедрение и последующий мониторинг отдельных элементов микротурбинной установки, солнечных нагревателей, теплового насоса, геотермальных зондов. Результаты исследований подтверждены 1 патентом на изобретение и 2 патентами на полезную модель.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### ***Рецензируемые научные издания, рекомендованные ВАК:***

1. Ефимов, Н.Н. Анализ использования тепловых насосов на тепловых и атомных электростанциях / Ефимов Н.Н., Малышев П.А., Папин В.В., Безуглов Р.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2010. -№ 4. –С.35-39.
2. Ефимов, Н.Н. Система отопления, кондиционирования и горячего водоснабжения на базе возобновляемых источников энергии для Южного федерального округа / Ефимов Н.Н., Паршуков В.И., Папин В.В., Янченко И.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2012. -№ 1. –С.62-65.
3. Ефимов, Н.Н. Регулирование и распределение индивидуального, автономного энергопотребления от возобновляемых источников энергии / Ефимов Н.Н., Паршуков В.И., Папин В.В., Янченко И.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2012. -№ 4. –С.30-33.
4. Ефимов, Н.Н. Микротурбинная установка для эффективного энергоснабжения автономных индивидуальных потребителей / Ефимов Н.Н., Паршуков В.И., Папин В.В., Безуглов Р.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2013. -№ 1.

### ***Патент на изобретение***

5. Пат. 2425987 РФ, МПК F01K13/00, C1. Способ работы электростанции; Н.Н. Ефимов, П.А. Малышев, А.В. Черни, Г.Б. Каратаев, С.В. Скубиенко, И.С. Кожуховский, В.И. Паршуков, В.В. Папин; заявитель и патентообладатель Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). №2009147690/06; заявл. 21.12.2009; опубл. 10.08.2011. – 13с., ил.

### ***Патенты на полезную модель***

6. Пат. 99541 РФ, МПК F01K13/00, F01K11, U1. Вертикальная паровая турбина малой мощности; Н.Н. Ефимов, П.А. Малышев, В.И. Паршуков, В.В. Папин, Р.В. Безуглов; заявитель и патентообладатель Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). №2010124481/06; заявл. 15.06.2010; опубл. 20.11.2010. – 2 с., ил. Бюл. №32.
7. Пат. 93942 РФ, МПК F24D 11/02, U1. Система пассивного поддержания температуры в помещении; Н.Н. Ефимов, П.А. Малышев, В.В. Папин; заявитель и патентообладатель Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). №2009147490/22; заявл. 21.12.2009; опубл. 10.05.2010. – 2 с., ил. Бюл. №32.

### *Публикации в других научных изданиях:*

8. Ефимов, Н.Н. Использование теплового насоса в системе охлаждения конденсатора АЭС / Ефимов Н.Н., Лапин И.А., Малышев П.А., Скубиенко С.В., Минасян К.С., Папин В.В., // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. -2010- Спецвып.: [Состояние и перспективы строительства и ввода в эксплуатацию второго энергоблока Ростовской АЭС. Безопасная эксплуатация энергоблоков АЭС]. –С. 66-69
9. Ефимов, Н.Н. Перспективы использования тепловых насосов в энергетике / Ефимов Н.Н., Папин В.В. // Изв. вузов. Электромеханика. -2008-. –Спецвып. –С. 184-186
10. Луконин, В.А. Система автономного энергоснабжения коттеджа / Луконин В.А., Папин В.В., Тихонов Д.В. // Повышение эффективности использования и сбережения энергетических ресурсов: сб. тр. сотрудников кафедры «Теоретические основы теплотехники» (по материалам научн.-техн. конф.) / Юж. Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2010. –С. 89-97.
11. Ефимов, Н.Н. Энергетический комплекс для обеспечения зданий тепловой и электрической энергией на основе возобновляемых источников энергии / Ефимов Н.Н., Папин В.В., Безуглов Р.В., // Студенческая научная весна -2011: материалы регион. научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области / Юж. Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2011. – С. 359-360.
12. Ефимов, Н.Н. Применение тепловых насосов для повышения экономичности ТЭС и теплофикации / Ефимов Н.Н., Папин В.В., Безуглов Р.В. // Эврика -2008: сб. конкурсных работ Всерос. смотра-конкурса науч.-техн. творчества студентов вузов, г. Новочеркасск, 17-23 нояб. 2008г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: Лик, 2008. – С. 482-484.
13. Луконин, В.А. Система автономного энергоснабжения на базе возобновляемых источников энергии / Луконин В.А., Папин В.В., Тихонов Д.В., // Студенческая научная весна -2008: материалы Межрегион. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых Южного федерального округа / Юж. –Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЛИК, 2008. – С. 268-270.
14. Ефимов, Н.Н. Использование низкопотенциальных источников теплоты при нагреве технологической воды производственного цеха ОАО «Каменскволокно» / Ефимов Н.Н., Скубиенко С.В., Папин В.В., Малов Е.В. // Повышение эффективности производства электроэнергии: материалы VIII Междунар. науч. конф., г. Новочеркасск, 30 окт. -2 нояб 2011 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 23-26.

Вклад автора в результаты работ, опубликованных в соавторстве, состоит в постановке задачи исследования, проведении аналитических и экспериментальных исследований, обработке полученных данных, разработке методик расчета тепловых схем и отдельных ее элементов.

**Папин Владимир Владимирович**

**МИКРОЭНЕРГОКОМПЛЕКС НА БАЗЕ ВЛАЖНО-ПАРОВОЙ  
ТУРБИНЫ, СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА  
И ТЕПЛООВОГО НАСОСА**

Автореферат

Подписано в печать 24.09.2013

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 46-954.

Отпечатано в ИД «Политехник»  
346428, г. Новочеркасск, ул. Первомайская, 166  
[idr-npi@mail.ru](mailto:idr-npi@mail.ru)