

ББК 65:31

С56

Современные технологии и экономика в энергетике : материалы Международной научно-практической конференции, 27 апреля 2023 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 184 с.

В сборнике опубликованы статьи ведущих ученых и преподавателей университетов России и Белоруссии, руководителей и специалистов отечественных и зарубежных промышленных и энергетических предприятий, студентов, аспирантов и молодых ученых университетов России и Белоруссии.

Конференция организована тремя крупнейшими университетами России и Белоруссии, реализующими подготовку специалистов в области энергетики и энергосбережения, а именно Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого, Казанским государственным энергетическим университетом и Белорусским национальным техническим университетом.

В материалах сборника рассмотрены актуальные проблемы экономики энергетики, энергосбережения, менеджмента в энергетике, современные технологии в энергетике, аспекты ядерной энергетики, а также цифровые технологии в энергетике и промышленности.

Ответственный за выпуск – канд. экон. наук, доц. *О. В. Новикова*

Редакторы: *Р. С. Киреев, С. С. Каюкова*

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-8194-8

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2023

35 МВт, а после МО и ГО – 25 МВт. Результаты исследования могут быть рекомендованы для дальнейших расчетов в части применения ТНУ на Василеостровской ТЭЦ-7.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года (основные положения) [Электронный ресурс]. URL: <https://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf#:~:text=Энергетическая%20Стратегия%20России%20на%20период,позиции%20в%20мировой%20атомной%20энергетике>
2. Аникина И.Д., Трещева М.А., Скулкин С.В., Киселев В.Г. Применение тепловых насосов для энерго- и ресурсосбережения на ТЭС, 2021 – 118 с.
3. Аникина И.Д. Использование тепловых насосов в технологических схемах ТЭЦ с учетом особенностей режимов производства и потребления теплоты // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2016.

УДК 658.261:621.56

А.В. Овсянник, В.П. Ключинский
Гомельский государственный технический университет
им. П.О. Сухого

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ, ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ И ПОЛИГЕНЕРАЦИОННОЙ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Введение. Вторичные энергетические ресурсы в больших количествах присутствуют на промышленных предприятиях в виде топлив с низкой теплотворной способностью и тепловых отходов. Для утилизации таких отходов все более широкое применение в малой энергетике находят схемы на органическом цикле Ренкина (ОЦР) [1].

Актуальность. Помимо электрической и тепловой энергии зачастую предприятия нуждаются в холоде и углекислоте. К ним относятся предприятия фармацевтической, горнодобывающей, химической, целлюлозно-бумажной и др. промышленности. Для удовлетворения потребностей предприятий в электрической и тепловой энергии, холоде и углекислоте разработаны схемы когенерационной, тригенерационной и полигенерационной утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

Цель исследования. Сравнить когенерационный, тригенерационный и полигенерационный способы утилизации ВЭР. Объектом исследования являются схемы утилизации ВЭР на основе низкокипящих рабочих тел, а предметом исследования является оценка экономической эффективности исследуемых вариантов утилизации ВЭР. С учетом поставленной цели в исследовании решалась задача оценки эффективности способов утилизации ВЭР.

Для утилизации вторичных энергетических ресурсов предприятий, которые нуждаются в электрической энергии, теплоте, холоде и углекислоте, разработана схема полигенерационной установки (рисунок 1), которая объединяет в себе ОЦР установку и установки по производству углекислоты и холода. На рисунке

1 представлены следующие элементы: 1,13,16,6т – теплообменный аппарат; 2 – абсорбер; 3 – десорбер; 4 – брызгоотделитель; 5 – осушитель; 6 – инжектор; 7 – ресивер; 8 – компрессор; 9 – конденсатор; 10,14 – регулирующий клапан; 11,15 – сепаратор; 12,5т – насос; 1ка – котлоагрегат; 1т – котел-утилизатор; 2т – турбина на НКРТ; 3т – генератор; 4т – конденсатор.

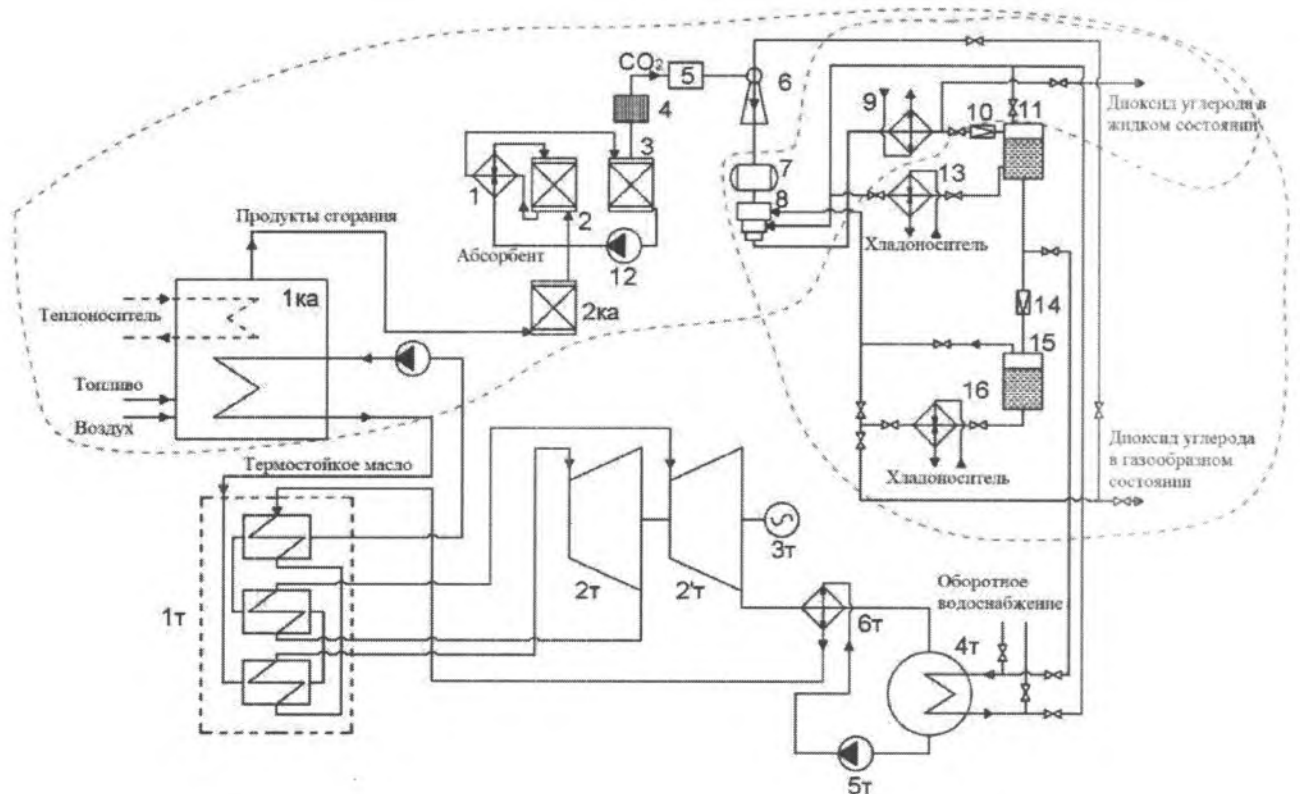


Рисунок 1 – Полигенерационная турбоустановка на ВЭР [2]

Расчет исследуемых вариантов схем проводился при помощи созданной специализированной программы [3] и разработанной методики расчета экономических показателей схем [4]. Полученные результаты представлены в таблице 1. Из таблицы 1 следует, что все варианты схем утилизации вторичных энергетических ресурсов обладают приемлемыми технико-экономическими показателями и могут быть использованы на предприятиях. Наименьшей эффективностью обладает когенерационная паросиловая установка на водяном паре (Вар.1) с динамическим сроком окупаемости 7,1 года при ставке дисконтирования 10 %. Тригенерационная установка на ОЦР с промежуточным перегревом и сверхкритическими параметрами рабочего тела (Вар.2) позволяет увеличить количество производимой в установке электрической энергии и положительно сказывается на сроке окупаемости установки (динамический срок окупаемости снижается с 7,1 года до 4,5 года). Наилучшими показателями обладает полигенерационная установка на диоксиде углерода (Вар.3). Несмотря на снижение количества отпускаемой электрической энергии такая компоновка схемы позволяет производить углекислоту в жидком и газообразном состоянии в объеме 4,2 тысяч тон в год, что положительно сказывается на экологической безопасности предприятия и улучшает его экономические показатели,

а динамическим сроком окупаемости установки снижается с 4,5 года (для тригенерации) до 3,2 года.

Таблица 1: Оценка эффективности утилизации ВЭР

Показатель	Способ утилизации ВЭР		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Отпуск электроэнергии, $\times 10^3$ МВт·ч/год	11,3	13,7	11,8
Отпуск тепловой энергии, $\times 10^3$ МВт·ч/год	7,4	7,4	7,4
Отпуск холод, $\times 10^3$ МВт·ч/год	-	3,7	3,7
Отпуск CO ₂ , $\times 10^3$ т/год	-	-	4,2
Экономический эффект, $\times 10^6$ \$/год	1,3	1,6	2,2
Стоимость установки, $\times 10^6$ \$	2,3	2,5	3,3
Расходы на эксплуатацию, $\times 10^6$ \$/год	0,2	0,2	0,3
Статический срок окупаемости, лет	4,9	3,5	2,6
Внутр. норма доходности, %	19,7	28,5	37,9
Дин. срок окупаемости, лет	7,1	4,5	3,2
Чистый дисконтированный доход, $\times 10^6$ \$	1,6	3,7	7,3

Выводы. Разработанная схема полигенерации является наилучшим из предлагаемых вариантов утилизации вторичных энергетических ресурсов, которая не только обладает хорошими экономическими показателями эффективности (динамический срок окупаемости – 3,2 года), но и позволяет полезно использовать производимую углекислоту, тем самым снижая углеродный след предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Но, Т. Comparison of the Organic Flash Cycle to other advanced vapor cycles for intermediate and high temperature waste heat reclamation and solar thermal energy / Т. Но etc. // Energy. 2012. Vol. 42. P. 213-223.
2. Овсянник А. В. Тригенерационные турбоустановки на основе низкокипящих рабочих тел./ А.В. Овсянник, В. П. Ключинский // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2022. – № 3 (65). – С. 263–275.
3. Овсянник, А.В. Разработка компьютерной программы для оптимизации параметров низкокипящего рабочего тела в турбодетандерной установке / А. В. Овсянник, В. П. Ключинский // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2020. – № 3/4. – С. 108–115.
4. Ключинский, В. П. Термодинамический и технико-экономический анализ тригенерационных установок на органическом цикле Ренкина / В. П. Ключинский, А. В. Овсянник // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2022. – № 1. – С. 80–89.