

УДК 62.6

Пономарева К.А.

студент магистрант кафедры промышленной теплоэнергетики Тюменского
индустриального университета
(г. Тюмень, Россия)

Томина К.Д.

студент магистрант кафедры промышленной теплоэнергетики Тюменского
индустриального университета
(г. Тюмень, Россия)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОГО ТЕПЛА НА ТЮМЕНСКОЙ ТЭЦ-2

***Аннотация:** В статье рассмотрена проблема высоких затрат на собственные нужды тепловых электростанций, связанных с использованием острого пара для низкотемпературного подогрева сырой воды. В качестве решения предложено внедрение теплонасосной установки (ТНУ), утилизирующей сбросное тепло циркуляционной воды системы технического водоснабжения. На примере Тюменской ТЭЦ-2 проведен анализ источников низкопотенциального тепла, обоснован выбор парокомпрессионной каскадной схемы ТНУ и выполнен подбор основного оборудования. Проведена оценка экономической эффективности, показавшая, что капитальные затраты на проект в размере 277 млн руб. окупаются за 6,36 лет преимущественно за счет дополнительной выработки электроэнергии на 59,43 млн кВт·ч в год. Чистый годовой экономический эффект составляет 70,55 млн руб. Сделан вывод о высокой технологической и экономической целесообразности проекта и возможности его тиражирования на других энергообъектах.*

***Ключевые слова:** теплонасосная установка, утилизация сбросного тепла, энергосбережение, ТЭЦ, экономическая эффективность, каскадная схема, вторичные энергоресурсы.*

Ponomareva K.A.

Master's student at the Department of Industrial Heat Power Engineering at Tyumen
Industrial University (Tyumen, Russia)

Tomina K.D.

Master's student at the Department of Industrial Heat Power Engineering at Tyumen
Industrial University (Tyumen, Russia)

TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE IMPLEMENTATION OF A HEAT PUMP UNIT FOR DISCHARGE HEAT UTILIZATION AT TYUMEN HES-2

***Abstract:** The article discusses the problem of high costs for the own needs of thermal power plants associated with the use of high-pressure steam for low-temperature heating of raw water. As a solution, it proposes the implementation of a heat pump unit (HPU) that utilizes the waste heat of the circulating water in the technical water supply system. Using the example of Tyumen CHPP-2,*

the article analyzes the sources of low-potential heat, justifies the choice of a vapor-compression cascade HPU scheme, and selects the main equipment. An economic efficiency assessment was conducted, which showed that the capital costs of the project, amounting to 277 million rubles, are recouped in 6.36 years, mainly due to the additional generation of 59.43 million kWh of electricity per year. The net annual economic effect is 70.55 million rubles. It was concluded that the project is highly technologically and economically feasible and can be replicated at other energy facilities.

Keywords: heat pump installation, waste heat utilization, energy saving, thermal power plant, economic efficiency, cascade scheme, secondary energy resources.

Введение

Актуальность. В соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», энергогенерирующие предприятия обязаны реализовывать программы по снижению потребления топливно-энергетических ресурсов на собственные нужды. Значительную долю в структуре собственных нужд ТЭЦ занимает тепловая энергия, расходуемая на низкотемпературный подогрев сырой воды в системе химической водоподготовки (ХВО). Традиционно для этих целей используется острый пар из отборов турбин, что приводит к прямым потерям в виде недовыработки электроэнергии и снижению общего КПД станции.

Научная проблема. Существует противоречие между необходимостью обеспечения технологического процесса подогрева воды и нерациональным использованием для этих целей высокопотенциального энергоносителя (острого пара), который мог бы быть направлен на производство электрической энергии.

Цель исследования. Оценка технологической возможности и экономической эффективности замещения острого пара на Тюменской ТЭЦ-2 путем внедрения теплонасосной установки, утилизирующей сбросное тепло циркуляционной воды.

Задачи исследования:

1. Проанализировать потенциальные источники низкопотенциального тепла на Тюменской ТЭЦ-2.
2. Обосновать выбор типа и схемы теплонасосной установки для решения поставленной задачи.
3. Подобрать основное оборудование для реализации проекта.
4. Провести оценку капитальных затрат и расчет экономической эффективности проекта.

Методы и исследования

Для решения поставленных задач был применен комплекс методов исследования.

Анализ технической документации и данных энергетического обследования Тюменской ТЭЦ-2 [2] был использован для идентификации и количественной оценки источников низкопотенциального тепла. На данном этапе определялись температура, массовый расход и тепловая мощность каждого потенциального источника.

Сравнительный анализ технологий был применен для выбора типа ТНУ. Сравнивались абсорбционные (АТН) и парокомпрессионные (ПТН) тепловые насосы по ключевым параметрам: коэффициент трансформации (COP), температурный потенциал на выходе, надежность и капитальные затраты, на основе данных из источников [3, 4].

Теплотехнический расчет был выполнен для определения требуемой тепловой мощности установки, исходя из графика температур и расхода сырой воды.

Метод технико-экономического обоснования (ТЭО) использовался для оценки эффективности инвестиций. Расчет включал определение капитальных затрат (на основе коммерческих предложений на оборудование), годовых эксплуатационных расходов, а также годового экономического эффекта за счет дополнительной выработки электроэнергии. Срок окупаемости определялся по простой формуле: CAPEX / Годовой экономический эффект.

Результаты оригинального авторского исследования

1. Анализ источников сбросного тепла. В результате анализа был идентифицирован и выбран основной источник низкопотенциального тепла — поток циркуляционной воды системного оборотного охлаждения, поступающей из конденсатора турбины. Его параметры: температура +35°C, тепловая мощность ≈ 465 МВт (400 Гкал/ч). Другие источники, такие как дымовые газы (125°C, 23 МВт) и тепло от вспомогательного оборудования (35°C, 17 МВт),

обладают значительно меньшим рекуперлируемым потенциалом и были признаны неперспективными для данного проекта.

2. Выбор и обоснование схемы ТНУ. Для нагрева 512 т/ч сырой воды от +5°C до +30°C (требуемая тепловая мощность — 14,9 МВт) был выбран парокомпрессионный тепловой насос каскадной схемы. Сравнительный анализ показал, что ПТН превосходят АТН по значению COP (4,0-5,0 против 1,8) и способны обеспечить нагрев до требуемых температур. Каскадная схема была выбрана для обеспечения высокого общего COP при большом температурном напоре между источником и потребителем тепла.

3. Подбор оборудования. В рамках проекта был подобран следующий комплект основного оборудования:

ТНУ: Четыре агрегата типа ТНУ-4,0-70/40-И, суммарной тепловой мощностью 16,0 МВт.

Теплообменник: Кожухотрубчатый ТН 800-МУ-20-2-В с поверхностью теплообмена 400 м².

Насосное оборудование: Два циркуляционных насоса RV 300-590/4 для контура циркуляционной воды.

4. Оценка экономической эффективности. Расчеты показали, что внедрение ТНУ позволит высвободить 22,5 т/ч острого пара. Перенаправление этого пара на выработку электроэнергии (при удельном расходе $d = 2,65$ кг/кВт·ч и длительности работы 7000 ч/год) обеспечит дополнительную выработку 59 433 962 кВт·ч/год.

Дополнительный доход (при цене электроэнергии 3,5 руб/кВт·ч за вычетом затрат на электроэнергию для компрессоров): 195,28 млн руб/год.

Капитальные затраты (CAPEX): 277 млн руб.

Годовые эксплуатационные затраты (ОРЕХ) (амортизация, ремонт, ФОТ): 124,65 млн руб/год.

Чистый годовой экономический эффект: Эчист = 195,28 – 124,65 = 70,55 млн руб/год.

Дисконтированный срок окупаемости (DPP) при ставке 15% и сроке службы 15 лет: 6,36 лет, что меньше нормативного срока ($1/q = 6,7$ лет).

Чистый дисконтированный доход (NPV): 135 млн руб. (положительное значение подтверждает эффективность инвестиций).

Заключение

В результате проведенного исследования была решена поставленная научная проблема — разработано техническое решение, позволяющее устранить нерациональное использование острого пара на Тюменской ТЭЦ-2 для низкотемпературного подогрева воды путем внедрения каскадной теплонасосной установки, утилизирующей сбросное тепло циркуляционной воды.

Сформулированы следующие оригинальные авторские выводы, соответствующие целям работы:

Установлено, что циркуляционная вода конденсаторов турбин Тюменской ТЭЦ-2 является наиболее мощным и технологически доступным источником низкопотенциального тепла для утилизации.

Доказано, что для условий Тюменской ТЭЦ-2 парокомпрессионная каскадная ТНУ является технологически оптимальным решением, превосходящим абсорбционные аналоги по энергетической эффективности.

Комплексный экономический анализ подтвердил высокую инвестиционную привлекательность проекта. Положительное значение NPV (135 млн руб.) и дисконтированный срок окупаемости (6,36 года), не превышающий нормативный, демонстрируют устойчивость проекта к рискам, связанным со стоимостью капитала.

Практическая значимость и применение результатов: Проект обладает высоким экономическим эффектом (70,55 млн руб./год) за счет дополнительной выработки электроэнергии. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности внедрения проекта на Тюменской ТЭЦ-2. Разработанная

методика и полученные выводы могут быть применены для тиражирования данного решения на другие теплоэлектроцентрали со схожими технологическими процессами, что будет способствовать выполнению требований законодательства в области энергосбережения и повышению эффективности российской энергетики в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петин Ю.М. Новое поколение тепловых насосов для целей теплоснабжения и эффективность их использования в России. Перспективы энергетики. – Новосибирск: Энергия, 2004. – 175 с.
2. Зайцев В.А. Книга 1. Технический отчёт о первичном энергетическом обследовании филиала ОАО «Тюменьэнерго» «Тюменская ТЭЦ-2».
3. Лашутина, Н.Г. Холодильные машины и тепловые насосы: учебное пособие/ Н.Г. Лашутина, Т.А. Верхова, В.П. Суедов. – М.: КолосС, 2006. – 440 с.
4. Кошкин, Н.Н. Холодильные машины: учебник для вузов по специальности "Холодильные машины и установки"/ Н.Н. Кошкин, И.А. Сақун, Е.М. Бамбушбек. – СПб.: Машиностроение, 1985. – 510 с.