УДК 620.9

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ МЕГАПОЛИСА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Аспирант **Чехранова О.А.**
Научный руководитель д-р техн. наук, доц. **Гашо Е.Г.**
Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

Аннотация *В данной статье приведен анализ текущей ситуации теплоэнергетического комплекса города Красноярск. Разработаны мероприятия по совершенствованию источников теплоснабжения, определения перспективных источников и расчет их теоретического и практического теплового потенциала с учетом экономической целесообразности. Проведен комплексный расчет и анализ увязок нужд теплоснабжения Красноярска и источников, использующих вторичное и низкопотенциальное тепло.*

Ключевые слова*: энергетическая эффективность, теплоснабжение города, вторичные энергоресурсы, теплонаносные установки, низкопотенциальные источники энергии.*

Для полноценного развития страны необходимо обеспечивать урбанизацию городов, которая характеризуется расширением и улучшением социальной сферы, строительных, наукоемких и промышленных отраслей, а также стратегически важным является развитие энергетики как регионов, так страны в целом. Теплоэнергетические системы России самые масштабные в мире, их доля в мире близится к половине. Один из основных приоритетов в развитии страны до 2035, является, в том числе, и развитие энергопромышленного и теплоэнергетического комплекса.

Цель работы проведение комплексного подхода, оценки совершенствований теплоснабжения города Красноярска, осуществление технико-экономического обоснования планируемых мероприятий

Общие сведения о городе Красноярск.

В городе Красноярск функционирует множество промышленных предприятий, которые в свою очередь на своем производстве теряют до 60% тепловой энергии, наиболее крупным является Красноярский алюминиевый завод. Несмотря на то, что теплоснабжение города осу-

ществляется преимущественно от ТЭЦ, в городе присутствует большое количество котельных.

Общая площадь жилого фонда составляет 26 тыс. м0, оценивая это показать в м^2 на человека, получаем, что в среднем на одного жителя Красноярска приходится 20 м^2, что соответствует норме.

Экологическая обстановка Красноярска крайне тяжелая, ежемесячно фиксируются превышения ПДК атмосферного воздуха, порядка на 20%.

Основными источниками выбросов являются предприятия промышленного комплекса, теплоэнергетические предприятия и автотранспорт.

Из-за географического расположения Красноярск имеет перспективный низкопотенциальный источник - реку Енисей. Оценка Енисея будет проведена в последующих разделах.

Источники низкопотенциального тепла.

Основными источниками низкопотенциального тепла является крупная река Енисей, которая не замерзает весь год. Теоретический потенциал Енисея составляет 60-100 млн Гкал. Крупными источниками сбросного тепла являются Красноярские ТЭЦ. Ежегодно на ТЭЦ-1 и на ТЭЦ-2 сбрасывается порядка 4 млн Гкал, а на ТЭЦ-3 порядка 1 млн Гкал. В городе расположено крупное промышленное предприятие - Красноярский алюминиевый завод, его ежегодное потребление составляет 13 млн Гкал, из них 8 млн Гкал сбрасывается в атмосферу.

Как мы видим, тепловые электростанции имеет большой запас низкопотенциального тепла в системе водооборотного охлаждения. На сегодняшний день технически возможно утилизировать до 50% низкопотенциального тепла, что составляет порядка 10% от количества отпускаемой теплоты. Для утилизации применяют теплонаносные установки.

В данной работе рассмотрено три варианта использования низкопотенциального тепла, представленные в табл. 1. В качестве низкопотенциального источника была выбрана охлаждающая вода технического водоснабжения. Выбор такого источника низкопотенциального тепла даст следующие преимущества:

− сокращения сбросного тепла;

− снижение температуры воды на входе в паровую турбину (ТП);

− повышение экологической эффективности.

Таблица 1

Варианты использования ТНУ на ТЭЦ.

Вариант	Пояснение
1. Использование ТНУ для дополнительного производства электрической энергии	Достигается за счет снижении нагрузок теплофикационных отборов паровых турбин. Отпуск теплоты от ТЭЦ и расход топлива остается без изменения
2. Увеличение отпуска теплоты от ТЭЦ	Суммарная электрическая нагрузка на ТЭЦ и суммарный расход топлива не меняется
3. Снижение расхода топлива	Суммарная выработка электроэнергии и отпуск тепла от ТЭЦ остается неизменным

Стоит подчеркнуть, что необходимым условием для нормальной работы теплового насоса является температурный режим. Разница между температурой испарения $t_и$ и температурой воды после конденсатора турбины должна быть не менее 5°С (Δ = 5°С), tи должна быть ниже на Δ. А разница между температурой конденсации рабочего вещества $t_к$ и нагреваемой сетевой водой должна быть также не менее 5°С, $t_к$ должна быть выше на Δ.

Температурный уровень подпиточной воды на Красноярских ТЭЦ усреднено составляет 35°С, перед деаэратором и расход пропиточной воды в среднем составляет 2200 т/ч, что позволяет установить ТН большого диапазона по мощности от 1 до 100 МВт. Таким образом, учитывая все выше сказанное, предполагается место включения ТНУ в тепловую схему ТЭЦ после пучков конденсаторов турбин.

Результаты расчета экономии топлива, относительно трех вариантов, показали, что наибольшую экономию даст второй вариант. Также внедрение ТНУ дает значительное сокращение УРУТ (удельный расход удельного топлива) на станциях. Но при внедрении ТНУ увеличиваются затраты на собственные нужды на электроэнергию. От тарифа на электроэнергию зависит срок окупаемости данного мероприятия, в среднем он составляет от 3-6 лет.

Самым мощным источником энергии является Енисей, и в условиях города наиболее эффективным источником могут стать теплонаносные установки, использующие теплоту речной воды. Тепловые насосы большой мощности распространены в Швеции и в Финляндии. В настоящее время производство отечественных парокомпрессионных ТНУ большой мощности осуществляется в г. Новосибирске, тепловая мощность достигает 3 МВт. Производство ТНУ с центробежными компрессорами мощность 11,5 МВт организовано в г. Казань.

Для подогрева речной воды используется подогреватель, в котором греющим теплоносителем является обратная сетевая вода. При снижении температуры реки, расход сетевой воды будет возрастать. Таким образом, теплопроизводительность теплонаносной установки будет зависеть от температуры реки. Так, например, охлаждение воды от 15 до 2 градусов, приводит к снижению на 68%.

Для снижения нагрузки в первой ступени компрессоров используется промежуточный сосуд, который осуществляет сепарацию. Во вторую ступень компрессора фреон поступает из сепаратора. Коэффициент трансформации зависит от температуры речной воды линейно. Чем выше температура, тем выше эффективность. Для исключения такой зависимости предусматривают схемы с предварительным подогревом воды, однако такой вариант решения имеет свой недостаток - увеличивается расход электроэнергии. Помимо представленного варианта возможно рассматривать комбинированную выработку тепла и холода. Охлаждаемая вода подается в испаритель в летний период и ТН производит холод для системы кондиционирования. Холодопроизводительность будет от 9,5 до 10,1 МВт.

Срок окупаемости сильно зависит от коэффициента трансформации и тарифов на тепловую и электрическую энергию, поэтому варьируется от 6 до 15 лет.

Экологическая эффективность теплового насоса определяется тем, что применяемый в расчете фреон не влияет на озоновый слой, но воздействует на парниковый эффект с GWP = 1340 по сравнению с CO_2 [4].

Еще одним, крупным источником является КрАз. Завод ежегодно производит более 1 млн тонн алюминия, производство которого высокоэнергоемкое. Основным источником энергии является Красноярская ГЭС. Потребление энергии на производство 1 тонны алюминия составляет примерно 13,5 млн Гкал. Для минимизации потери тепла и дальнейшего его использования, предполагается в процессе электролиза устанавливать воздушные теплообменные аппараты. Энергетическим эффектом от данных мероприятий после модернизации процессов является то, что выбросы сократились более чем в 1,5 раза, и составляют уже не 60%, а 40%.

Увязка источников с теплоснабжением города

Для повышения эффективности теплоснабжения необходимо модернизировать оборудование и использовать более эффективные методы получения энергии, например, получение тепла от низкопотенциальных источников. По классификации представлений в работе

Е.Г. Гашо [1], Красноярск относится по удельному энергопотреблению к 3 категории , выше средних показателей 12 тут/чел. И по параметрам модели выделения приоритетов в энергоэффективного развития региональных ТС, Красноярск будет относиться к третьей группе, где модельное представление должно выглядеть следующим образом:

$$\sum V_i < V \quad (1)$$

Перспективный объём V_i потребление ресурсов должен быть ниже текущего V. В приоритете группы должна быть комплексная модернизация всех энергоемких производств, применение всех ресурсов и использование энергоресурсов более высокого качества.

Проанализировав состояние котельных города, были определены котельные с самым высоким УРУТом, их планируется заменить на ТНУ-ТЭЦ, это приведет к снижению негативного воздействия на окружающую среду, снижению удельной себестоимости производства тепловой энергии.

Также за счет ТНУ-Енисея и КрАз планируется обеспечение тепловой энергии новой застройки. Данное мероприятия снизит негативное воздействие на окружающую среду.

Выводы по работе

В работе был проведен анализ города Красноярск с точки зрения теплоснабжения и экологической обстановки. Красноярск - крупный промышленный город, с множествами предприятий промышленного типа В теплоснабжении преобладает доля ТЭЦ. В городе большое количество неэффективных котельных, работающих с УРУТ больше 240. Ежегодно в Красноярске фиксирует множество превышений ПДК, что является показателем неблагоприятной экологической обстановки для города. Поскольку город Красноярск по удельному энергопотреблению относятся к категории выше среднего, энергопотребление составляет 10 ут/чел, стратегия развитие теплосистемы была выбрана из того, что будущий объём потребления ресурсов должен быть ниже существующего, это можно достичь, применяя более совершенные технологии и методы.

В работе были рассмотрены мероприятия с использованием низкопотенциального и вторичного тепла. Выявлены наиболее энергоэффективные объекты — это крупнейший источник низкопотенциального тепла река Енисей, теоретически рассчитанная мощность составляет 100 млн Гкал, ТЭЦ и Красноярский алюминиевый завод, который также является источником низкопотенциального и вторичного тепла.

Были поведены расчеты увязки новых более совершенных источников с городской системой теплоснабжения. Они показали, что на первом этапе наиболее перспективным будет замена неэффективных котельных и перевод их на ТЭЦ, с применением ТНУ, это приведет к снижению выбросов от котельных, срок окупаемости такого мероприятия составляет 6 лет.

Вместе с этим был проведен расчет обеспечения нового строительства за счет новых источников: ТНУ, использующие низкопотенциальное тепло от Енисея и КрАз, использующего вторичное тепло. Расчеты показали, что использование ВЭР может закрыть потребность города на 3 млн Гкал, вместе с этим сократить выбросы КрАз на 60%. Использование низкопотенциального тепла от Енисея является наиболее перспективным и выгодным как с точки зрения энергоэффективности, так с точки зрения улучшения экологической безопасности. Но существует ряд ограничений для полного внедрения таких технологий:

– в настоящее время в России нет производства ТНУ большой мощности;

– возникает потребность в строительстве хранилища для обеспечения бесперебойной работы;

– зависимость от тарифов на электроэнергию.

Расчеты показали, что срок окупаемости ТС сильно зависит от тарифов на электроэнергию. Так при использовании электроэнергии от ТЭЦ срок окупаемости составляет 9 лет с учетом реконструкции теплосетей.

Таким образом, выбирая интеграцию источников в схему города, необходимо ориентироваться на полученные эффекты от них. В табл. 2 представлены результаты экономии топлива, экологическая эффективность от ТЭЦ-ТНУ, от использования ВЭР на КрАЗ и использование теплоты Енисея.

Таблица 2

Эффекты от внедрения

Объект	ΔB – сокращение сжигания топлива тыс. т/год	ΔW – сокращение выбросов, %
ТЭЦ-ТНУ	145	4
КрАз	829	Выбросы от производства 20%, сокращение выбросов от ТЭЦ 25%
Енисей	400 зависимости от мощности и количества ТНУ	68

Сокращение расхода топлива по Енисею определялось относительно угольной котельной, сокращение расхода топлива на КрАз определялось сокращением расхода топлива от ТЭЦ на величину тепловой мощности КрАз.

Библиографический список

1. **Гашо Е.Г.** Разработка методологии совершенствования промышленных и коммунальных теплоэнергетических систем [Рукопись]: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.04 / Евгений Геннадьевич Гашо. М., 2018. 39 с.

2. **Султангузин И.А., Потапова А.А.,** Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения [Электронный ресурс] // Новости теплоснабжения. 2010. № 10. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2363 (дата обращения 20.10.2020).

3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 [Электронный ресурс]. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026 (дата обращения: 25.10.2020).

4. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee83f/Energyefficiency2020.pdf (Дата обращения: 1.04.2020).

IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND SAFETY OF A METROPOLITAN CITY BY ENERGY INDUSTRIAL COMPLEX MODERNIZATION

O.A. CHekhranova and E.G. Gasho
National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow

Abstract This article analyses the current state of the heat and power complex in Krasnoyarsk city. It presents the developed measures for heat supply sources improvement, finding advanced sources, and calculation of their theoretical and practical thermal potential considering economic feasibility. There has been conducted the complex calculation and analysis of coordination between Krasnoyarsk heat supply and sources that use the secondary and low-grade heat.

Keywords: energy efficiency, city`s heat supply, secondary energy resources, heat pump plant, low-grade sources of energy.