

УДК 621.165

**А. А. ОЛЕКСЮК, А. А. РУСАКОВА, Е. А. РУСАКОВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ОТ АТЭЦ**

**Аннотация.** Рассмотрена возможность использования теплоносителя от АТЭЦ для теплоснабжения зданий при помощи теплофикации. Представлена схема четырехконтурного ТО для независимой схемы присоединения систем ОВ и ГВ при использовании теплоносителя от АТЭЦ. Рассмотрено применение ядерного топлива для теплоснабжения.

**Ключевые слова:** теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), атомная теплоэлектроцентраль (АТЭЦ), теплоснабжение.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Органическое и ядерное топливо являются исчерпаемыми природными ресурсами, поэтому всегда актуальными будут проблемы повышения эффективности их использования на основе как совершенствования энергетического оборудования, так и создания новых высокоэффективных технологий производства тепловой и электрической энергии, что позволит решить вопросы экономии энергоресурсов.

### **ЦЕЛЬ СТАТЬИ**

Рассмотреть четырехконтурный теплообменник с использованием теплоносителя от АТЭЦ для теплоснабжения зданий и экономии органического топлива.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Историю освоения атомной энергии часто исчисляют с открытия в 1896 г. Анри Беккерелем явления радиоактивности. Спустя несколько лет после открытия Беккереля ученые начали рассматривать атом как потенциальный, почти неисчерпаемый источник энергии, хотя не знали о его природе. В то время Резерфорд говорил, что если когда-нибудь удастся осуществить контроль над скоростью распада радиоактивных элементов, то это позволит получать колоссальный источник энергии в форме небольшого сгустка материи. Сам Резерфорд из-за неудач разочаровался в излучении ядерной энергии.

Только физики Отто Ган и Фриц Штрассман обнаружили, что при бомбардировке тяжелых ядер урана нейтронами получается барий, вплотную подошли к обчислению процесса расщепления атомного ядра, сопровождающегося выделением энергии. Далее ученые одновременно во многих странах установили деление ядер урана, т. е. возможности цепной реакции.

Впервые ядерная энергия была превращена в тепло 2 декабря 1942 г. в Чикаго (США) в лабораторной установке, сооруженной под руководством итальянского физика Энрико Ферми. Первое испытание атомной бомбы состоялось в США в штате Нью – Мексико 16 июля 1945 г., которое известно мир о том, что атом вошел в жизнь человека с уничтожающей силой. В последующие годы проводились исследования по выявлению возможностей использования атомной энергии в мирных целях.

Первая в мире атомная электростанция (АЭС) была введена в эксплуатацию в Обнинске 24 июня 1954 г. На АЭС энергия, получаемая в результате деления ядер урана на осколки, превращается в

© А. А. Олексюк, А. А. Русакова, Е. А. Русакова, 2017

тепловую энергию пара или газа и затем в электрическую энергию. Получаемая при делении ядер энергия почти полностью превращается в тепло. Установка, в которой происходит управляемая цепная реакция деления, называется ядерным реактором.

Обычные тепловые электростанции (ТЭС) отличаются от АЭС только тем, что рабочее тело (пар или газ) получает тепло в парогенераторах при сжигании органического топлива, на АЭС – в ядерных реакторах.

Основной элемент АЭС – ядерный реактор – состоит из активной зоны, отражателя, системы охлаждения, системы управления, регулирования, контроля и биологической защиты. В рабочие каналы активной зоны помещают ядерное топливо в виде стержней из урана или плутония, покрытых герметичной металлической оболочкой. В этих стержнях и происходит ядерная реакция, сопровождаемая большим количеством тепла. Поэтому стержни с ядерным топливом называют тепловыделяющими элементами – твэлами. Количество твэлов в активной зоне может достигать до нескольких тысяч. В активную зону также помещают замедлитель нейтронов, через нее проходит также теплоноситель. В качестве теплоносителя используется обычная вода, тяжелая вода, водяной пар, жидкие металлы, некоторые инертные газы (гелий, углекислый газ). Теплоноситель с помощью принудительной циркуляции омывает в рабочих каналах поверхности твэлов, нагревается и уносит с собой тепло для дальнейшего использования.

Мощность энергетического реактора определяется возможностью быстрого отвода тепла из активной зоны. Поскольку отвод тепла происходит за счет конвективного теплообмена, то для повышения интенсивности процесса отвода тепла нужно увеличить скорость теплоносителя. Скорость движения воды в активной зоне 3...7 м/с, а скорость газов 30...80 м/с.

Управление реактором производится с помощью специальных стержней, поглощающих нейтроны, что позволяет управлять ядерной реакцией. Тепло, выделяющееся в реакторе, может передаваться рабочему телу теплового двигателя (турбины) по одно-, двух- и трехконтурным схемам. Каждый контур представляет собой замкнутую систему. Многоконтурная система обеспечивает радиационную безопасность и удобства для обслуживания оборудования. Число контуров зависит от типа реактора и свойств теплоносителя, характеризующих его пригодность для использования в турбине. При двухконтурной схеме теплоноситель передает тепло рабочему телу в парогенераторе. Если в качестве теплоносителя используется вода, то в парогенераторе она охлаждается на 15...40 °С. Первый контур радиоактивен, поэтому целиком находится внутри биологической защиты. Во втором контуре рабочее тело пар или вода нигде не соприкасаются с радиоактивным теплоносителем первого контура, поэтому с ним можно обращаться также как на ТЭС.

#### *Масштабы потребления первичных энергоресурсов*

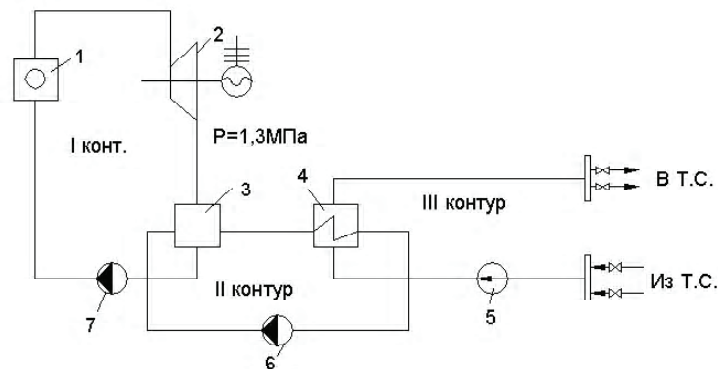
В 70-х годах XX столетия перед человечеством стоял вопрос об истощении невозобновляемых тепловых ресурсов, загрязнении окружающей среды и значительном увеличении затрат на развитие энергетики. Единственным выходом из этого положения являлось освоение запасов неорганического ядерного топлива.

К концу 1980 г. установленная мощность АЭС составила 20 млн кВт. На первом этапе намечено строительство АЭС на тепловых замедленных нейтронах с водородным электрическим реактором ВВЭР – 1 000 МВт, РБИК – 1 500 МВт. Эти АЭС расходуют U-235, которого в природном уране содержится 0,7 % и запасы его ограничены. На втором этапе – строительство АЭС на быстрых нейтронах, которые используют U-238, которого в природе в 130 раз больше чем U-235. Реакторы на быстрых нейтронах обладают свойством воспроизводства плутония из урана. Использование ядерного топлива только для электрической энергии даже на уровне 2000 года позволит заменить 10 % органического топлива, преобладающая часть которого используется на производство тепла низкого и среднего потенциала. Следовательно, для увеличения ядерного топлива в топливно-энергетическом балансе возникает необходимость использования ядерного горючего на ТЭЦ и котельных, так как они потребляют 40 % всего добываемого топлива, 80 % которого составляет нефть и газ.

Применение ядерного топлива для теплоснабжения осуществляется следующими путями:

1. Строительство атомной теплоэлектростанции (АТЭЦ).
2. Строительство атомных систем теплоснабжения (АСТ).
3. Строительство атомных котельных для покрытия тепловых нагрузок жилищно-промышленных комплексов в горячей воде и технологическом паре АСПТ.
4. Установкой на АЭС теплофикационных турбин.
5. Использование нерегулируемых отборов с КАЭС.

Было установлено, что на АТЭЦ надо применять реакторы предельной мощности. Для АТЭЦ целесообразно создание нового типа теплофикационно-компрессорной турбины ТК с большой связанной теплофикационной мощностью. На АТЭЦ основной задачей является не экономия ядерного топлива, а вытеснение органического топлива, поэтому экономическим является также и выработка электрической энергии конденсационным способом. Для АТЭЦ в большей степени оправдывается увеличение единичной мощности оборудования, так как при этом существенно уменьшаются показатели стоимости реактора. На АТЭЦ температура воды в подающих трубопроводах выше, чем в простых ТЭЦ. Пример схемы АТЭЦ приведен на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Схема АТЭЦ: 1 – реактор кипящего типа; 2 – трубка с противодавлением; 3 – промежуточный теплообменник; 4 – сетевой подогреватель; 5 – сетевой насос; 6 – насос промежуточного II контура; 7 – питательный насос I контура.

#### Основные особенности АТЭЦ

1. Принципы атомной теплофикации коренным образом отличаются от теплофикации на органическом топливе. Это связано с тем, что на АТЭЦ значительно меньше топливная составляющая себестоимости электроэнергии, чем на ТЭЦ, где она равна 70 %.

2. На АТЭЦ существенно больше удельная стоимость капитальных затрат в основном за счет стоимости реакторов.

3. АТЭЦ работают на насыщенном паре, поэтому удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении будет меньше.

4. Необходимость организации целого ряда мероприятий по защите от попадания в сетевую воду и технологический пар радиоактивных загрязнений, с этой целью в тепловой схеме АТЭЦ предусмотрены дополнительные контуры, не менее трех.

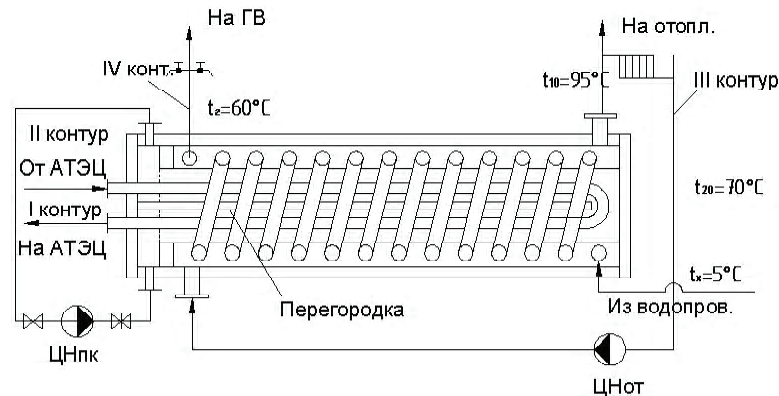
5. Опыт создания и эксплуатации АЭС показывает, что проблема безопасности при нормальной эксплуатации практически решена, поэтому центральное место при создании атомных энергоисточников является обеспечение радиоактивной безопасности при аварийной ситуации.

6. Существенное отличие АТЭЦ от ТЭЦ по их воздействию на окружающую среду.

Основная задача при использовании теплоносителя от АТЭЦ для местных систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения состоит в предотвращении от попадания радиоактивных загрязнений в эти системы. С этой задачей могут справиться трехконтурные и более теплообменники, которые имеют контур промежуточного теплоносителя, который разделяет теплоноситель от АТЭЦ с теплоносителем системы отопления. Авторами предложена схема четырехконтурного ТО для независимой схемы присоединения систем ОВ и ГВ при использовании теплоносителя от АТЭЦ (рис. 2).

Первичный теплоноситель от АТЭЦ с температурой 150...180 °С поступает в трубное пространство первого контура, который расположен в межтрубном пространстве второго контура, в котором циркулирует промежуточный теплоноситель с помощью циркуляционного насоса ЦНПК, а уровень радиоактивных загрязнений контролируется постоянно специальными автоматическими радиометрами.

Во втором контуре по длине установлена перегородка для увеличения скорости движения промежуточного теплоносителя и интенсификации теплообмена. В системы отопления при теплоснабжении от АТЭЦ должен подаваться теплоноситель не менее, чем из третьего контура, а для систем



**Рисунок 2** – Четырехконтурный ТО для независимой схемы присоединения систем ОВ и ГВ при использовании теплоносителя от АТЭЦ.

горячего водоснабжения не менее, чем из четвертого контура. Третий контур системы отопления нагревается через теплообменную поверхность, разделяющую второй контур от третьего. В третьем отопительном контуре размещен в виде змеевика четвертый контур, предназначенный для нагрева воды на нужды горячего водоснабжения.

Циркуляция воды в каждом отдельном контуре осуществляется своими: циркуляционными, сетевыми и подпиточными насосами. Для системы горячего водоснабжения (ГВ) используют повысительный насос, так как давление в городском водопроводе недостаточно для нормальной работы системы ГВ высотных зданий.

## ВЫВОДЫ

Использование атомных энергоисточников в теплоснабжении зданий позволяет улучшить экологическую обстановку вследствие уменьшения вредных выбросов в атмосферу по сравнению с энергоисточниками на органическом топливе. Ослабить зависимость от изменения цен на топливо из-за низкой топливной составляющей в себестоимости вырабатываемой продукции и сдерживать рост тарифов на тепловую энергию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олексюк, А. О. Энергоресурсозбереження при використанні нетрадиційних джерел [Текст] : навчальний посібник для студентів економічних спеціальностей в галузі теплогазопостачання та вентиляції / А. О. Олексюк, В. А. Сербін, Н. Ф. Радько. – Донецьк : ДАЖКГ Держжитлокомунгоспу України, 2004. – 156 с.
2. Олексюк, А. А. Энергоресурсосберегающие технологии для систем теплоснабжения [Текст] / А. А. Олексюк. – Макеевка : ДонНАСА, 2005. – 204 с. – ISBN 966-7477-54-1.
3. Кесслер, Г. Ядерная энергетика [Текст] : пер. с англ. / Г. Кесслер. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 264 с.
4. Петросьянц, Андраник Мелконович. Ядерная энергетика [Текст] / Андраник Мелконович Петросьянц. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1981. – 272 с. – (Наука и технический прогресс).
5. Байков, Н. М. Прогноз развития отраслей ТЭК в мире и по основным регионам до 2030 г. [Текст] / Н. М. Байков, Р. Н. Гринкевич. – М. : ИМЭМО РАН, 2009. – 82 с.

Получено 12.10.2017

А. О. ОЛЕКСЮК, А. О. РУСАКОВА, К. О. РУСАКОВА  
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОНОСІЯ ВІД АТЕЦ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Розглянуто можливість використання теплоносія від АТЕЦ для теплопостачання будівель за допомогою теплофікації. Представлена схема чотирьох-контурного ТО для незалежної схеми приєднання систем ОВ і ГВ при використанні теплоносія від АТЕЦ. Розглянуто застосування ядерного палива для теплопостачання.

**Ключові слова:** теплоелектроцентрально (ТЕЦ), атомнотеплоелектроцентрально (АТЕЦ), теплопостачання.

ANATOLIY OLEKSYUK, ANASTASIA RUSAKOVA, EKATERINA RUSAKOVA  
HEATING OF BUILDINGS WITH HEAT CARRIER FROM NTPP

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The possibility of using a coolant from a nuclear power plant for heat supply of buildings with the help of heating has been considered. A scheme of a four-circuit maintenance system for an independent circuit for connecting the OB and HW systems when using a coolant from an APEC has been presented. The use of nuclear fuel for heat supply has been considered.

**Key words:** thermal power plant (ТРП), the nuclear thermal power plant (NTPP), heat.

**Олексюк Анатолій Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения с помощью индивидуальных тепловых пунктов, электрокалориферов с высокотемпературными электродами, отопительных доводчиков.

**Русакова Анастасия Александровна** – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения с помощью индивидуальных тепловых пунктов.

**Русакова Екатерина Александровна** – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения с помощью индивидуальных тепловых пунктов.

**Олексюк Анатолій Олексійович** – доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання за допомогою індивідуальних теплових пунктів, електрокалориферів з високотемпературними електродами, опалювальні доводчики.

**Русакова Анастасія Олександрівна** – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання за допомогою індивідуальних теплових пунктів.

**Русакова Катерина Олександрівна** – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання за допомогою індивідуальних теплових пунктів.

**Oleksuyk Anatoliy** – Sc. D. (Eng.), Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests. Scientific interest: saving of energy in systems of heat supplying with a help of individual warmth.

**Rusakova Anastasia** – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: saving of energy in systems of heat supplying with a help of individual warmth.

**Rusakova Ekaterina** – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: saving of energy in systems of heat supplying with a help of individual warmth.