УДК 621.039:658.264

Перспективы реализации атомного теплоснабжения в России

А.Я. Благовещенский, Л.Б. Гусев

Военно-Морской Политехнический Институт ВУНЦ ВМФ «Военно-Морская Академия», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению важного направления использования атомной энергии для решения вопросов бытового теплоснабжения. Отражена ретроспектива данного направления от «доперестроечного» периода в СССР, когда была построена и доведена до состояния готовности к пуску атомная станция теплоснабжения проекта АСТ-500, до наших дней, когда эти объекты практически разрушены и работы по данному направлению прекращены. Авторы обращают внимание читателей, что целесообразность возрождения неэлектрогенерирующего направления атомной энергетики и его дальнейшего развития отмечается в принятой в 2018 году Госкорпорацией «Росатом» стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 года и на период до 2100 года.

Ключевые слова: реактор, атомное теплоснабжение, интегральная компоновка, естественная циркуляция теплоносителя, тяговые трубы, самопрофилирование расхода теплоносителя.

UDC 621.039:658.264

Outlook of district heating nuclear power plants in Russia

A.Ya. Blagoveshchensky, L.B. Gusev

Naval Polytechnic Institute of the “Naval Academy” Military Educational and Research Center, St. Petersburg, Russia

Abstract

The paper addresses the problem of utilizing nuclear power for district heating applications. The authors describe the history of nuclear district heating development in Russia beginning from the «pre-Perestroika years», when the AST-500 nuclear heating plant was built and ready for startup, and up to the present day, when this plant is almost fallen to the ground and all work on nuclear-fueled district heating schemes is stopped. The paper presents data in support of the concept for using district heating nuclear power plants. In 2018, the Rosatom State Atomic Energy Corporation approved a long-term strategy for nuclear power development in Russia to year 2050 and up to year 2100, where the necessity of renewing activities on non-electric applications for nuclear power is mentioned.

Key words: reactor, nuclear-fueled district heating, integral layout, natural circulation of coolant, riser pipes, coolant flow self-profiling.

Введение

Атомная отрасль нашей страны с момента ее появления и до момента распада СССР была по всему широкому спектру решаемых задач как оборонной, так и народно-хозяйственной направленности, самой высокотехнологичной и образцово-организованной. Активное наращи-

вание мощностей серийных энергоблоков АЭС было обусловлено ростом энергопотребления развивающейся промышленности и других отраслей (транспорт, сельское хозяйство, градостроение, коммунальные нужды и др.) и не было избыточным.

Успехи отрасли опирались на блестящее научное руководство, возглавляемое всемирно известным ученым И.В. Курчатовым, а затем А.П. Александровым, на созданную в стране для всего ядерно-топливного цикла сеть специализированных предприятий (НИИ, конструкторские и проектные бюро, заводы, комбинаты, экспериментальные и испытательные комплексы и др.). Существовала и была отлажена четкая система взаимодействия с научно-техническими структурами Заказчика, которая обеспечивала консолидацию усилий в решении общих важнейших задач.

Не углубляясь в описание взаимодействия и успешной работы предприятий атомной отрасли того времени, в качестве примера можно привести высокую степень результативности сотрудничества 1 ЦНИИ МО (военного кораблестроения) с предприятиями – Главными конструкторами реакторных установок (РУ) и атомных подводных лодок, а также с Научно-Исследовательским Технологическим Институтом (ныне НИТИ им. А.П. Александрова), занимающимся натурной отработкой перспективных транспортных ЯЭУ.

Период, который с чьей-то «нелегкой» руки часто называют застойным, на самом деле был временем творческого расцвета науки, обоснования и реализации новейших ядерно-энергетических технологий, сделавших страну лидером в широком спектре решаемых задач на базе нового вида энергии. В частности, это относится к неэлектрогенерирующим направлениям использования атомной энергии таким, как высокопотенциальное тепло (на базе высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов – ВТГР) для специальной чистой металлургии, опреснение морской воды, создание атомных станций теплоснабжения (АСТ), предназначенных для генерации тепловой энергии, обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов.

С наступлением периода «перестройки» и вбрасыванием в омут рынка всего народного хозяйства (сейчас это понятие не используется и заменено термином «экономика») пострадали все ведущие отрасли страны, включая атомную, применительно к которой наиболее разрушительно (и даже криминально) выглядит атомное теплоснабжение.

Об атомном теплоснабжении вчера, сегодня, завтра

Идея обеспечения бытового теплоснабжения на базе использования ядерной энергии сформировалась в 60—70-е годы прошлого столетия. Практическое использование для нужд теплоснабжения разветвленной сети маломощных, разнотипных, подчас существенно изношенных внутрирайонных котельных связано со значительными выбросами вредных примесей (окислов серы и азота) и тепла в окружающую среду, со сложностью управления этой системой коммунального хозяйства и с трудностями сохранения бесперебойного теплоснабжения в экстремальных погодных условиях. Проведенные проектно-исследовательские и конструкторские проработки создания систем атомного теплоснабжения с получением низкопотенциального тепла подтвердили его перспективность и преимущества по сравнению с созданием АТЭЦ, в которых исходным является процесс получения высокопотенциального тепла. Преимущества нового вида бытового теплоснабжения опирались на его экологическую чистоту, экономические преимущества и высокий уровень управляемости всем технологическим процессом в условиях крупных городских жилищных массивов. Перед Минсредмашем и Минэнерго СССР была поставлена задача спроектировать атомную станцию теплоснабжения (АСТ) с гарантированной безопасностью для размещения вблизи крупных городов.

Разработка РУ была поручена ОКБМ (ныне АО «ОКБМ Африкантов», г. Нижний Новгород), а проектирование АСТ в целом – Горьковскому отделению Института «Теплоэлектропроект», ныне Институт АО «Атомэнергопроект» (АЭП). Выбор ОКБМ был не случаен, предприятие зарекомендовало себя крупными успехами, достигнутыми при создании корабельных и судовых РУ, превосходящих по своим характеристикам зарубежные образцы.

В 1978 году технический проект РУ и всего комплекса АСТ был закончен. Станция получила название АСТ-500, так как состояла из 2-х энергоблоков, каждый тепловой мощностью 500 МВт.

Всего до начала 1990 года в СССР в стадии строительства находилось четыре энергоблока с реакторными установками АСТ-500. Два блока Горьковской АСТ строились в нескольких километрах от городской черты Нижнего Новгорода (до 1990 года г. Горький). Ещё два блока Воронежской АСТ возводились в Воронежской области.

По прошествии стольких лет не может не вызывать восхищение комплекс технических решений, обеспечивающих надежность, безопасность и живучесть АСТ-500 и всей системы в целом. Характеристики этого уникального проекта отражены в ряде публикаций; наиболее ценной представляется его авторская интерпретация непосредственными разработчиками [1].

Без глубокой детализации можно отметить следующие основные характеристики проекта РУ АСТ-500 (рис. 1):

– в максимальной степени используется опыт создания РУ с ВВЭР для стационарной и транспортной ядерной энергетики;

– в реакторе циркулирует вода, являющаяся теплоносителем первого контура, применение естественной циркуляции теплоносителя в корпусе РУ исключает сложные и опасные для активной зоны динамические режимы, характерные для всех РУ с принудительной циркуляцией теплоносителя;

– низкое давление в первом контуре (2 МПа) – это практически на порядок ниже, чем в других РУ с ВВЭР и, соответственно, низкая температура однофазного водяного теплоносителя на выходе из активной зоны (206 °С);

– низкая энергонапряжённость активной зоны (~20 кВт/литр);

– простейшая схема первого контура, в которой отсутствуют главные циркуляционные насосы (ГЦН), с обеспечением всережимной естественной циркуляции однофазного теплоносителя (ЕЦТ);

– реализована интегральная моноблочная (МБУ) компоновка оборудования первого контура, в которой активная зона, секции теплообменника первого – второго контура, компенсатор давления (КД) размещены в одном корпусе цилиндрической формы, это решение позволило исключить трубопроводы большого диаметра, опасные с точки зрения разрывов;

– наличие второго прочного (страховочного) корпуса вокруг реактора, создание которого упрощалось благоприятной компоновкой МБУ, не имеющей внешних трубопроводов первого контура;

– размещение реактора во втором прочном (страховочном) корпусе позволяет, в случае разгерметизации основного корпуса реактора, сохранить активную зону под уровнем воды и исключить плавление топлива, обеспечивая надёжную локализацию радиоактивности в минимальном объёме;

– наличие тяговых труб над тепловыделяющими сборками (ТВС) активной зоны, обеспечивающих самопрофилирование расхода теплоносителя в активной зоне (его перераспределение в соответствии с тепловой мощностью ТВС);

– перезагрузка топлива в реакторе производится 1 раз в 2 года;

– использование пассивных систем отвода тепла при аварийном расхолаживании реактора и др.

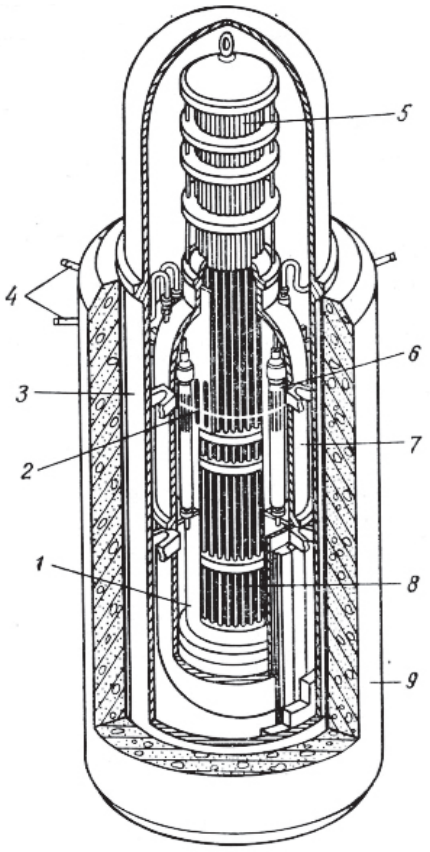

Рис. 1. Кипящий ядерный реактор водо-водяного типа АСТ-500:

1 – шахта контура естественной циркуляции; 2 – уровень воды первого контура; 3 – второй прочный (страховочный) корпус; 4 – трубопроводы второго контура; 5 – приводы СУЗ; 6 – встроенные теплообменники второго контура, выполненные из нержавеющей стали; 7 – корпус реактора с плакирующей наплавкой из нержавеющей стали; 8 – активная зона, набранная из 121 шестигранной кассеты; 9 – железобетонная шахта.

В проекте АСТ-500 не было никаких «белых пятен» – все технические решения имели надёжные обоснования как расчётного, так и экспериментального характера, включая опыт натурных испытаний. Отмеченное качество проекта подтверждается следующими основными моментами:

– используемые при компоновке активной зоны стерженьковые твэлы 13.6×0.9 мм с оболочкой из циркониевого сплава с ниобием давно освоены отечественной промышленностью и широко используется в реакторах РБМК-1000;

– интегральная компоновка РУ с всережимной ЕЦТ, с высокими параметрами теплоносителя первого контура для ЯЭУ была отработана и всесторонне испытана на наземном

стенде-прототипе в НИТИ им. А.П. Александрова, эти испытания сочетались с глубоким исследованием теплогидродинамики, теплофизики активной зоны, особенностей работы принципиально нового типа КД, использующего подкрышечный объём реактора и др., т.е. применительно к более сложным условиям эксплуатации, чем в АСТ-500;

– исследованиями гидродинамической стабильности активной зоны при частичном кипении теплоносителя, выполненными на специально созданном экспериментальном стенде в ЦКТИ им. И.И. Ползунова по договору с ОКБМ, были выявлены резервы повышения мощности АСТ-500 при сохранении принятых конструктивных решений и др.

В 1989 году при участии МАГАТЭ была проведена оценка безопасности проекта АСТ-500 и самой Горьковской атомной станции. Экспертиза МАГАТЭ подтвердила полную безопасность атомной станции для города [3].

К сожалению, сейчас, когда энергетические приоритеты в стране акцентированы в сторону нефти и газа, стали забывать об экономических преимуществах атомных энергоблоков, в которых бóльшие капитальные затраты перекрываются стоимостными преимуществами топливной составляющей. В этой связи уместно вспомнить интервью крупного ученого и признанного специалиста в области надёжности и безопасности ядерной энергетики В.А. Сидоренко [2], цитирующего А.П. Александрова дословно: «атомное тепло будет в 2 раза дешевле, чем то, которое дают котельные на органическом топливе».

В проекте АСТ-500 передача тепла к бытовому потребителю осуществлялась по трёхконтурной схеме: первый, второй (промежуточный) и третий (сетевой). Принятая схема (рис. 2) полностью исключает появление радиоактивности в сетевом контуре при возникновении неплотности в теплообменнике, благодаря распределению давления по контурам: в первом – 2 МПа, во втором – 1.2 МПа, в сетевом – 2 МПа. Весь предусмотренный комплекс мер по обеспечению безопасности допускал размещение АСТ-500 вблизи города (около 5 км).

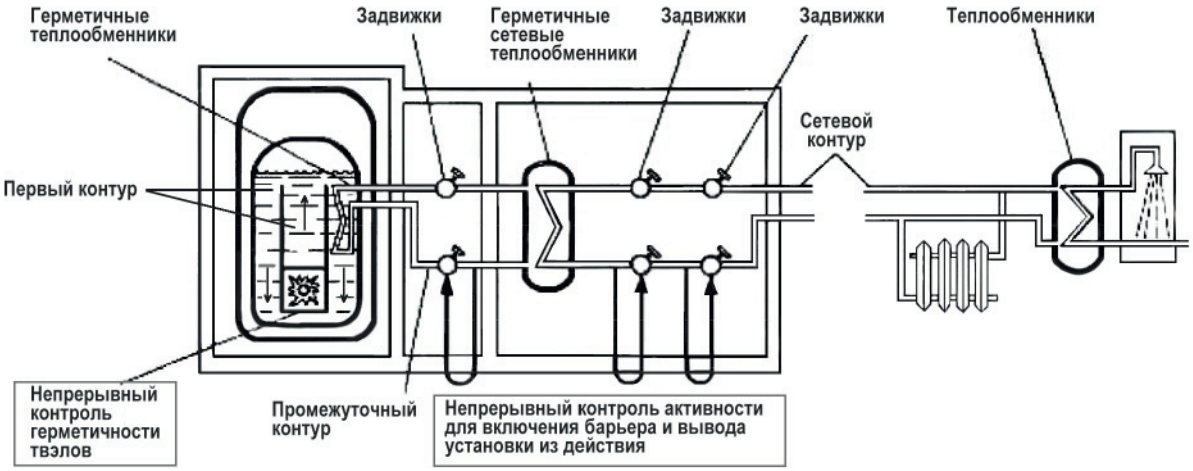

Рис. 2. Трёхконтурная схема передачи тепла от АСТ-500 к бытовому потребителю:

первый контур полностью герметичен и находится внутри корпуса реактора, циркуляция теплоносителя по контуру естественная;

второй (промежуточный) контур герметичен, циркуляция по контуру принудительная при нормальной работе и естественная в аварийных режимах (контур включает в себя паровой компенсатор с предохранительным устройством);

в третьем контуре (сетевом) давление выше, чем во втором.

По результатам рассмотрения законченного в 1978 году технического проекта в мае 1979 года было принято Постановление Правительства СССР о сооружении двух типовых АСТ-500 в г. Горьком (ГАСТ) и в Воронеже (ВАСТ), строительство которых было начато в 1982 и в 1983 годах. соответственно. Работы шли успешно, лидировала ГАСТ, которая к концу 80-х годов была укомплектована эксплуатационным персоналом и практически была в состоянии готовности к загрузке активной зоны.

Авторам представилась возможность именно в этот период посетить ГАСТ, ознакомиться с активной и, правильно будет сказать, патриотичной деятельностью участников работ в преддверии прорыва в новое важное для страны направление использования атомной энергии. ГАСТ могла обеспечить экологически чистым теплом третью часть города с двухмиллионным населением. ВАСТ к тому времени имела готовность более чем на 50 %. Планы в стране были грандиозные, намечалось строительство ещё 30—35 АСТ для крупных жилищных комплексов.

Но вскоре всё изменилось. Наступали «лихие 90-е» с распадом страны, морали, управляющих организационных основ народного хозяйства, с переделом собственности и проникновением во властные структуры любыми способами сторонников этого губительного процесса. Под бульдозер мрачной истории попало многое, чем страна могла гордиться, в том числе и АСТ-500.

Известный политик (правильнее – «политикан») Б. Немцов, опираясь на послечернобыльский страх и неосведомленность населения, начертал первым пунктом своей предвыборной программы (в плакате на стене Нижегородского кремля) на последних выборах в Верховный Совет РСФСР в марте 1990 года «Не допустить ввода в действие ГАСТ!». Благодаря этому «псевдорадению» о нуждах людей Б. Немцов был избран депутатом и начал «победное шествие» по высоким должностям Горьковской (с 1992 г. – Нижегородской) области и на Федеральном уровне: с декабря 1991 г. – Губернатор, с 1997-го Министр топлива и энергетики, выполняя данное избирателям обещание. Попытки защитить АСТ-500 через прессу не увенчались успехом. Видимо, было сформировано такое мощное «анти-АСТное» лобби, что газета «Горьковская Правда» не приняла к печати нашу статью.

В итоге сегодня мы имеем на практике в Нижнем Новгороде физически разрушенное высокотехнологичное пионерское предприятие – ГАСТ (рис. 3), помещения которого используются для производства алкогольной продукции и сдаются в аренду, в Воронеже – обреченную на разрушение, считающуюся законсервированной, ВАСТ (рис. 4) и прекращение работ данного направления в структурах Госкорпорации «Росатом».

А что же будет завтра?!

К концу 2018 года Госкорпорацией «Росатом» были приняты основные положения стратегии развития атомной энергетики России до 2050 года и на период до 2100 года [4].

В определенной степени вызывает удовлетворение тот факт, что в «Атомной стратегии-2018» отмечается необходимость развития неэлектрогенерирующих направлений атомной энергетики, в число которых входит и атомное теплоснабжение. В то же время очевидно, что простого упоминания этого направления в важном отраслевом документе совершенно недостаточно для его реализации на практике. В связи с важностью и масштабностью задачи требуется работа по переводу перспективы атомного теплоснабжения из отраслевой стратегии в Федеральную категорию. Объективно все условия для этого есть. Несмотря на потерянные полвека, предложенные технические решения и выполненное ранее научно-техническое обоснование не потеряли своей актуальности и значимости.

Напрашивается серьезный упрек в адрес экономистов, которые находятся во власти стремления получения максимальной прибыли в самые сжатые сроки и не могут (или не хотят) оценивать ущерб, наносимый государству, от невостребованности положительных результатов выполненных работ, направленных на мировое лидерство в сфере высоких технологий. Если переходить от чисто «лозунговой категории» по рассматриваемой теме к практическим делам, то требуется, как и ранее, решение Высших Органов Власти с конкретными поручениями участникам работ, деятельность которых будет проходить под контролем Государства.

а *б*

Рис. 3. Горьковская атомная станция теплоснабжения (ГАСТ):

а – вид ГАСТ (2007 год); ***б*** – на территории ГАСТ (2009 год).

а *б*

Рис. 4. Воронежская атомная станция теплоснабжения (ВАСТ):

а – вид ВАСТ (2015 год); ***б*** – законсервированное оборудование ВАСТ (2017 год).

По мнению авторов, в настоящее время сам проект АСТ-500 в каких-то серьезных доработках не нуждается. В свете имеющихся в отрасли достижений по увеличению глубины выгорания ядерного топлива можно ориентироваться на рост кампании активной зоны (в проекте АСТ-500 предусмотрено проведение перегрузки активной зоны один раз в 2 года).

Таким оптимистичным хотелось бы видеть сценарий возрождения и развития атомного теплоснабжения в России.

Заключение

1. Важность реализации атомного теплоснабжения в России не вызывает сомнений и подтверждается «Атомной стратегией-2018», принятой Госкорпорацией «Росатом».
2. По рассматриваемому направлению развития отечественной атомной энергетики, которое с большой вероятностью будет иметь и экспортную составляющую, имеются готовые качественные проектно-конструкторские решения, подкрепленные необходимыми экспериментами и натурными испытаниями. Их практическая невостребованность существенно тормозит развитие важнейших высоких технологий.
3. Важнейшее значение имеет формирование здорового, научно обоснованного общественного мнения. Представляется целесообразным наряду с аргументированной демонстрацией безопасности АСТ заинтересовывать население снижением стоимости отопления жилья, которая является определяющей на фоне других услуг ЖКХ.
4. В организационном плане реализация отечественного атомного теплоснабжения носит проблемный характер, так как потребует от «Росатома» активной деятельности по формированию поддержки со стороны Высших Органов Государственной Власти для преодоления сопротивления магнатов органических энергоносителей. В этой связи также необходима подготовка со стороны Госкорпорации «Росатом» соответствующих предложений по вопросу развития атомного теплоснабжения в России для обсуждения их на федеральном уровне.

Литература

1. Реакторная установка атомной станции теплоснабжения / Ф.М. Митенков, В.С. Кууль, О.Б. Самойлов [и др.] // Атомная энергия. — 1985.— Т. 58, Вып. 5.
2. *Сидоренко В.А.* Атомные станции теплоснабжения (АСТ) // Наука и жизнь.— 1981.—№ 1.
3. История создания атомных станций теплоснабжения в крупных городах. Сегодняшние реалии: обзор по материалам СМИ // Новости теплоснабжения. – 2011. – № 2(126). URL: http://www.ntsn.ru/2_2011.html.
4. Стратегия развития ядерной энергетики России до 2050 года и перспективы на период до 2100 года: одобрено решением президиума НТС ГК «Росатом» 26 декабря 2018 г. – М., 62 с.