

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В СИСТЕМЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ г. ТОМСКА

В.Н. Мещеряков*, В.И. Бойко, Ф.П. Кошелев****

** Сибирский химический комбинат, г. Северск*

*** Томский политехнический университет, г. Томск*



Проведено сравнение эколого-экономических аспектов использования угля и ядерной энергии в системе энергообеспечения г. Томска. Рассмотрены эколого-экономические последствия гипотетической ситуации, при которой АЭС-1 и АЭС-2 Сибирского химического комбината были бы заменены на ТЭС, работающую на угле.

С учетом темпов роста численности населения планеты и улучшения качества жизни будущих поколений Мировой энергетический конгресс прогнозирует увеличение потребления энергии в мире на 50÷100% к 2020 г. и на 140÷320% к 2050 г. по сравнению с потреблением в середине 90-х гг.

В современных условиях энергетика является одним из факторов, которые определяют устойчивость развития общества и возможность улучшения жизни людей.

В XXI в. истощение энергоресурсов не будет первым ограничивающим фактором. Главным становится фактор ограничения предела экологической емкости среды обитания. Более того, только 5% изымаемых природных ресурсов человечество потребляет, остальное выбрасывается в окружающую среду в виде различного вида отходов.

Экологические проблемы по масштабности можно разделить на глобальные, региональные и локальные.

К глобальным можно отнести последствия ядерных испытаний и аварий, проблемы парникового эффекта, озоновых дыр, загрязнения мирового океана нефтепродуктами и т.д.

К региональным проблемам относятся: перенос выбросов химических и металлургических производств на расстояние в сотни километров, образование кислотных дождей и уничтожение растительного покрова, аварии на нефтегазопроводах и т.д.

Локальные проблемы характеризуются масштабами в несколько десятков километров, но при наличии значительного количества населения. Это выбросы энергетических, с/х комплексов, промышленных предприятий.

При планировании развития систем энергоснабжения необходимо использовать аналитические сравнения экономических, экологических, социальных аспектов различных источников энергии.

Потребление энергоресурсов и электроэнергии в Томской области более чем на 60% зависит от поставок извне. Поэтому энергетическая независимость Томского региона является ключевым вопросом, а взятие курса на достижение регио-

нальной энергетической самостоятельности - далеко не простым делом.

Бедность энергоресурсами и забота об экологии побуждают к сооружению такого типа энергоисточника, экономические показатели которого не зависят ни от его дефицитности, ни от топливной конъюнктуры, ни от места расположения.

Согласно данным современных социально-гигиенических исследований, непосредственный вклад загрязнения окружающей среды в ухудшение состояния здоровья населения города составляет более 25%.

По данным экологического обзора, выполненного Государственным комитетом экологии и природных ресурсов Томской области [1], несмотря на значительную занимаемую площадь (около 320 км²), низкую численность населения (~ 1,1 млн. чел.) и относительно невысокий народнохозяйственный потенциал, экологическая обстановка в области является напряженной.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха в области являются предприятия Нефтегазпрома (99,6 тыс.т в год), Минжилкомхоза (22,9), Минэнерготопы (~15,4). На территории г.Томска и области расположено 8 крупных объектов теплоэнергетического комплекса и 635 мелких котельных, что приводит к химическому и тепловому загрязнению атмосферы и воды, изъятию природных ресурсов, накоплению отходов. Кроме того, за счет особенностей климатических условий Сибири, потенциальные способности атмосферы к рассеиванию существенно меньше, чем в других регионах.

Золоотвалы занимают земельное пространство площадью 250 га и являются источниками многокомпонентного загрязнения подземных вод и атмосферного воздуха. На каждого жителя области в 1993 г. пришлось около 960 кг отходов, из них 630 кг опасных.

В работе приводятся результаты моделирования распределения концентраций вредных химических и радиоактивных выбросов во времени и пространстве на территории Томска и прилегающих районов для различных вариантов теплоэнергоснабжения города. В основу расчетных данных положен материальный баланс современной угольной ТЭС мощностью 1000 МВт с эффективностью очистки выбросов от твердых веществ 99%.

Основными параметрами, определяющими состояние пространственного распределения техногенной примеси в атмосфере (оксиды азота, оксиды серы, радионуклиды) и на подстилающей поверхности являются: высота выброса, направление среднего ветра, температура воздуха, наличие осадков, класс устойчивости атмосферы, облачность, характеристики радионуклидов, параметры турбулентного осаждения и вымывания примеси.

Пакет прикладных программ имеет несколько файлов исходных данных:

- файл, характеризующий метеобстановку на территории, прилегающей к источнику выброса (6 параметров);
- файл, характеризующий параметры источника выброса (10 параметров);
- файл, ориентирующий расчетную сетку по географической карте (2 параметра);
- файл, характеризующий параметры местности, окружающей источник выброса (2 параметра).

Программа позволяет быстро реагировать на изменение входных параметров.

Пакет прикладных программ и разработанная методика расчета, основанная на модели Пасквилла-Гиффорда, тестировались. Моделировалась ситуация, образованная технологическим инцидентом на Сибирском химическом комбинате (СХК) 13 апреля 1993 г. Результаты численных экспериментов сравнивались с данными приборных экспериментов по определению плотности радиоактивного загрязне-

ния отдельными радионуклидами на участках, попавших в контур следа. Согласие результатов более чем удовлетворительное. Сравнение проводилось с результатами, полученными в приборных экспериментах другими группами (гамма- и бета-спектрометрия).

Расчеты показывают, что на рассматриваемой территории имеются зоны существенного превышения ПДК по золе и диоксиду азота, создаваемые источниками централизованного теплоснабжения г.Томска.

Максимальные концентрации при самых неблагоприятных условиях могут достигать по золе – до 4.0 ПДК, по диоксиду азота – до 3.0 ПДК.

При работе ГРЭС-2 на угле превышение допустимых концентраций по золе нежелательно, т.к. ГРЭС-2 расположена в центре города. Выбросы по тяжелым металлам не превышают допустимые концентрации, но следует помнить, что эти металлы постоянно накапливаются и через растительную и животную цепочки оказывают влияние непосредственно на человека.

С учетом парниковых газов (CO_2) нагрузка на биосферу возрастает. По мнению специалистов, до 90% всего объема диоксида углерода может быть уловлено с помощью химических абсорбционных процессов. При этом к.п.д. станции снизится до 29%, а себестоимость производства электроэнергии увеличится примерно на 2/3. Таким образом, улавливание CO_2 обойдется дороже, чем очистка газов от золы, оксидов серы и азота и очистка сточных вод вместе взятые [2].

Тепловая станция электрической мощностью 1000 МВт выбрасывает в окружающую среду свыше 6,5 млн.т CO_2 в год.

По мнению 49 ученых – лауреатов Нобелевской премии – последствия усиления парникового эффекта на планете могут быть сравнимы лишь с последствиями глобальной ядерной войны. Средняя температура на планете к 2010 г. может повыситься на 1,3 °С, что приведет к повышению уровня Мирового океана, перераспределению осадков и изменению климатических систем.

Использование ядерной энергии уже в настоящее время позволяет почти на 10% снизить выбросы в атмосферу углекислого газа в электроэнергетике.

Экологическая проблема при развитии ТЭЦ могла бы быть частично решена за счет перевода ТЭЦ на природный газ. При всех достоинствах газа нельзя забывать, что с его использованием связано очень много проблем, возникающих при его добыче, транспортировке и конечном потреблении. Кроме того, Томская область все еще пользуется “чужим” газом и в смысле запасов органического сырья является неперспективной (газа хватит на 35 лет, нефти – на 20 лет). Цены на газ сегодня в результате государственного регулирования ниже цен на отечественный уголь и существенно ниже зарубежных цен (~1,5 – 2 раза), поэтому в ближайшее время они будут подняты до мировых, как произошло с углем.

Строительство атомной станции теплоснабжения с двумя реакторными установками нового поколения АСТ-500 предусмотрено в качестве первого этапа создания замещающих мощностей взамен останавливаемых в 2008 г. реакторов АДЭ-4,5.

Строительство АЭС на базе двух реакторных установок нового поколения ВВЭР-640 является вторым этапом, и с ее сооружением будет решена проблема обеспечения электроэнергией Томского региона. Поэтому были оценены концентрации аэрозольных радионуклидов, присутствующих в атмосферных выбросах АЭС указанных типов. Особое внимание среди аэрозольных радионуклидов было уделено биологически значимым: тритию ($T_{1/2}=12,3$ г.) и углероду-14 ($T_{1/2}=5730$ лет), т.к. они активно участвуют во всех обменных процессах. Газоаэрозольные выбросы перед поступлением в атмосферу очищаются от радиоактивных аэрозолей,

временно задерживаются для распада короткоживущих радионуклидов и выбрасываются через высокую трубу, что способствует лучшему их рассеиванию и уменьшению концентрации в приземном воздухе. Результаты расчетов показали, что концентрации углерода-14 и трития в приземном слое атмосферы на 5-6 порядков ниже, чем установленные для этих нуклидов предельно допустимые концентрации. Согласно многолетним данным радиационного мониторинга, при нормальной эксплуатации влияние АЭС на радиоактивность природной среды мало по сравнению с естественным фоном. Для сравнения, доза от годовых выбросов радионуклидов естественного происхождения при эксплуатации ТЭС на угле в 6-10 раз превышает дозу, обусловленную выбросами АЭС [3-7]. По оценкам ученых при работе одной новой АЭС в Европе в течение года должен наблюдаться примерно один фатальный рак, в то время как ежегодно в Европе умирают от рака ~ 800 тыс. чел.

На СХК с 1958 по 1992 гг. работала первая в Сибири атомная электростанция. С 1973 г. источник дальнего теплоснабжения работает на базе АЭС-2. Попробуем оценить последствия гипотетической ситуации, при которой АЭС-1 и АЭС-2 были бы заменены на ТЭС, работающую на березовском угле. Мощность АЭС-1 - 250 МВт (эл). Мощность АЭС-2 - 300 МВт (эл) и 570 Гкал/ч (тепловая).

Результаты расчетов показали, что, если в течение 34 лет вместо АЭС-1 работала бы ТЭС на березовском угле, то:

- понадобилось бы добыть и перевезти около 26 млн. т угля (430 тыс. 60-тонных вагонов);
- в окружающую среду поступило бы более 13 млн. т углекислого газа, 80 тыс. т оксидов серы, 12 тыс. т оксидов азота, а также примерно 4 Ки радиоактивных веществ;
- накопилось бы около 2 млн. т золы, причем в окружающую среду поступило бы 40 тыс. т золы, не уловленной фильтрами;
- накопившаяся масса тяжелых металлов в золе составила бы 744 т, в том числе 23 т токсичных элементов;
- объем потребленного кислорода составил бы 60 млн. т.

В 1973 г. первая очередь теплоснабжения на базе АЭС-2 была принята в постоянную эксплуатацию. Томские энергетики с малыми заботами получили готовое тепло, построенные сооружения и разводящие тепломагистраль, получили теплоноситель по цене 1 руб. 30 коп. за гигакалорию, тогда как свой с ГРЭС-2 получали по 3 руб. 40 коп., реализуя его получателям по 4 руб. Ежегодная прибыль от реализации обещала быть до 8 млн. руб. (цены 1974 г.).

Теплоснабжение, за счет которого обеспечивалось более 20% потребностей в тепле г.Томска, служило и продолжает служить интересам населения города и области.

Если бы это количество тепла вырабатывала ТЭС аналогичной тепловой мощности, то с 1974 по 1999 гг.:

- понадобилось бы добыть, перевезти и сжечь около 59 млн.т угля (2,26 млн.т угля в год) (980 тыс. 60-тонных вагонов);
- в окружающую среду поступило бы более 234 млн. т углекислого газа, 177 тыс. т оксидов серы, 64 тыс. т оксидов азота, а также примерно 9 Ки радиоактивных веществ;
- накопилось бы около 5 млн. т золы, причем в окружающую среду поступило бы 90 тыс. т золы, не уловленной фильтрами;
- накопившаяся масса тяжелых металлов в золе составила бы 1677 т, в том числе 53 т токсичных элементов;

- объем потребленного кислорода составил бы 137 млн. т.

В мировой практике существуют различные экономические оценки экологических ущербов. Для угольных ТЭС экологический ущерб от выбросов в денежном выражении, как правило, значительно превышает стоимость электроэнергии. Так, если в США на уровне 2000 г. она ожидается 4,8 цент/кВт·ч, то ущерб от выбросов при ее производстве оценивается в 6,6 - 8,1 цент/кВт·ч.

В ряде зарубежных исследований разработаны экономические эквиваленты удельных экологических ущербов от различных загрязнителей атмосферы.

Например, стандартные экономические эквиваленты выбросов в атмосферу, разработанные в рамках программы TEMIS (Total Emission Model for Integrated System, Институт прикладной экологии, Германия, 1993 г.), составляют за 1 т выбросов оксидов серы - 5000 нем. марок; оксидов азота - 4000 и т.д.

Следует иметь в виду, что приводимые данные относятся к современным западным энергетическим технологиям, от которых, как известно, Россия отстает по экологическим показателям.

На основании этих показателей рассчитаны экономические значения экологических ущербов, если бы АЭС-1 и АЭС-2 были замещены на ТЭС аналогичной мощности:

- АЭС-1 за свой срок работы сэкономила 1,2 млрд. экологических долларов;
- АЭС-2 - 13,6 млрд. экологических долларов.

Некоторые факторы, которые здесь количественно не оцениваются, должны значительно увеличить эколого-экономический эффект от развития атомной энергетики: потребление тепловой энергетикой кислорода и природоохранные мероприятия для его восстановления, выбросы тяжелых элементов на ТЭС и нарастание парникового эффекта, последствия которого в настоящее время широко обсуждаются и ощущаются. Большое значение имеет также экологический ущерб, связанный с временным или постоянным отчуждением земельных ресурсов. Томск пока не входит в перечень городов РФ с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. По индексу загрязнения воздуха по городам Западной Сибири г.Томск резко контрастирует со следующими городами: г.Томск - 9,55; Искитим - 73,16; Прокопьевск - 62; Кемерово - 32; Новосибирск - 24,25. Созданный томичами "Атлас раковой клетки" установил четкую зависимость развития онкологии от загрязнения внешней среды. По сравнению с другими городами, где и не "пахнет" ядерно-топливным циклом (Канск, Барнаул, Бийск, Кемерово, Новокузнецк и др.), томичи находятся в лучшем положении. Но такое положение может резко измениться в худшую сторону при ошибках в выборе стратегии энергообеспечения Томского региона.

В Томске разработана областная программа энергосбережения, которая получила высокую оценку на федеральном уровне. Но, по нашему мнению, в ней недостаточное внимание уделено развитию ядерной энергетики. А ведь она является энергосберегающей технологией, т.к. удовлетворяет основным требованиям минимального потребления энергии на собственные нужды (около 4% в ядерном топливном цикле), а отработанное топливо используется в качестве вторичных ресурсов.

Если сравнивать с другими технологиями, то, например, 20% всех добываемых газовых энергоресурсов тратится на доставку к местам потребления, а 10% - на аварийные выбросы и утечки. Кроме того следует учитывать еще экологические факторы и ограниченность запасов газа. А имеющиеся запасы добытого урана обладают энергопотенциалом в 15 трл. кВт·ч плюс энергопотенциал оружейного ядерного материала в 12÷14 трл. кВт·ч. Подобное количество энергии все элект-

роостанции России будут вырабатывать в течение 35 лет. С другой стороны, это количество энергии эквивалентно экономии 7 трлн. м³ газа, которого хватило бы для экспорта нынешнего ежегодного объема в Западную Европу в течение 110 лет.

С учетом проблематичности строительства и ввода в строй в ближайшие сроки достаточных мощностей на природном газе, ориентация должна быть сделана на строительство АЭС с наиболее надежными реакторными установками нового поколения наряду со строительством тепловых ТЭС с ограничением их мощностей пределами, которые определяются допустимым их влиянием на природную среду и непосредственно на человека.

Список литературы

1. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Томской области в 1994 г. – Томск: Государственный комитет экологии и природных ресурсов Томской области, 1993.
2. Бюллетень ЦНИИАтоминформ. – 1993. – № 3.
3. Атомная энергия. – 1998. – Т. 85. – Вып. 2.
4. Крышев И. И., Алексахин Р. М., Сазыкина Т. Г. и др. Радиоактивность районов АЭС. – М.: Ядерное общество СССР, 1991.
5. Гусев Н. Г., Головкин М. Ю., Шаповалов О. И. и др. Выброс радиоактивных газов и аэрозолей серийными атомными станциями // Атомная энергия. – 1993. – Т. 74. – Вып. 4. – С. 360—364.
6. Косинский В. В., Орлов М. И., Шаповалов В. П. Образование трития на атомных электростанциях с РБМК и его поступление в окружающую среду. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1987.
7. Блинова Л. Д., Недбаевская Н. М. Ленинградская АЭС: радиоэкологический мониторинг. В сб.: Научный информ.-метод. бюл. – 1995. – № 2/3. – (Ядерное общество России).

Поступила в редакцию 5.01.2000.

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.311.25:621.039(571.16)

Nuclear Power Engineering in the Power Supply System of Tomsk \V.N. Mescheryakov, V.I. Boiko, F.P. Koshelev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 6 pages. – References, 7 titles.

A comparison of ecological and economical aspects of coal and nuclear energy usage in the power supply system of Tomsk is made.

Ecological and economical consequences of hypothetical situation when NPP-1 and NPP-2 of Siberian chemical plant would be replaced by heat-power plants working on coal are surveyed.

УДК 621.039.586

The Analysis of Conditions of Transient Process for the De-energization of the Power Unit \A.Yu. Prohodtsev, N.L. Sal'nikov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 7 pages, 1 illustration, 2 tables. – References, 7 titles.

Forming of initial and boundary conditions for usage of the RELAP5code for an analysis of the transient process under de-energization of the VVER-1000 unit is considered. It is shown that the worst conditions as to the safety in design accidents under de-energization of the unit are formed in the case fast reduction device failure.

УДК 539.17.013

Exact and Numerical Solutions of Nonlinear Thermal Conductivity and Kinetic Equations \V.A. Galkin, M.A. Zaboudko; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 10 pages, 8 illustrations. – References, 11 titles.

The methods of solution of nonlinear thermal conductivity and kinetic equations are considered in this paper. Some exact solutions for Stefan problem are received. Numerical regularization is made on the base of the Galerkin method. Convergence problems are investigated.

УДК 621.039.524.7:621.039.574.5

Heavy-Water Installations in Russia \O.V. Shvedov, A.S. Gerasimov, G.V. Kiselev, V.V. Seliverstov, V.V. Petrunin, V.V. Shidlovsky; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 11 pages. – References, 4 titles.

The review of work of the State Scientific Center of Russian Federation-Institute of Theoretical and Experimental Physics - scientific leader in the heavy-water reactors design is represented in this paper. Results of exploitation of the industrial heavy-water reactor L-2, working in isotopic mode are described. It is informed about the conceptual propositions on the development of new isotopic heavy-water reactor for providing of requirement in radionuclides. The results of examination of subcritical systems for extermination of long-lived radioactive wastage and production of energy are stated.

УДК 519.6, 539.1

Atomic Dynamics of Liquid Potassium and Potassium-oxygen Melt from Data of the Molecular-dynamics Simulation and Inelastic Neutron Scattering Experiments \I.Yu. Shimkevich, M.V. Zaezjev, V.V. Kuzin, A.G. Novikov, V.V. Savostin, A.L. Shimkevich; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 9 pages, 5 illustrations. – References, 36 titles.

An algorithm and procedure for the molecular-dynamics (MD) simulation of liquid potassium and the potassium-oxygen melts are presented. The results of MD-calculation are compared with experimental data on the inelastic neutron scattering. Such approach is the most effective method for studying structural and dynamical properties of condensed matter on the microscopic level.