

Заключение

Предложенная модель сети электроснабжения кампуса ДВФУ и о. Русский должна стать основой для дальнейших работ по созданию экспериментальной площадки на базе образовательно-энергетического кластера в ДВФУ. Разработка структуры и состава интеллектуальной микроэнергосистемы и/или виртуальной станции в составе сети электроснабжения о. Русский – предмет исследований ближайшего времени, которые могут определить вектор развития всего кластера. Кроме того, модель может обеспечить возможность правильной настройки существующего генерирующего оборудования и его систем регулирования.

Принимая во внимание, что отечественной промышленностью освоены технологии производства маховиковых накопителей энергии, технические характеристики которого позволяют применять его для управления переходными процессами микро- и мини- интеллектуальных энергосистем, этот тип накопителя следует рассматривать наиболее перспективного для сети электроснабжения о. Русский и кампуса ДВФУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.cigre.ru/news/2015_09_EnergyNet/2015_08-06_EnergyNet.pdf.
2. Горте О.И., Кирьянова Н.Г., Остапенко А.И. и др. Остров Русский-экспериментальная база для исследования противоаварийной автоматики микроэнергосистем / XXII научно-практическая конференция «Релейная защита и автоматика энергосистем 2014» / Москва, 2014. – С. 627-633.
3. Арестова А.Ю., Горте О.И., Хмелик М.С. и др. Накопитель энергии как средство противоаварийного управления на примере сети электроснабжения о. Русский / V международная научно-техническая конференция «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем», Сочи, 2015.
4. <http://www.mathworks.com/help/phymod/sps/examples/wind-turbine-asynchronous-generator-in-isolated-network.html>.
5. <http://www.mathworks.com/examples/simpower/143-average-model-of-a-100-kw-grid-connected-pv-array>.
6. Горте О.И., Хмелик М.С. Упрощенная модель накопителя энергии для исследования устойчивости микроэнергосистем средней мощности / V Международная молодежная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи-2014» / Томск, 2014. – Т. 2. – С. 507-512.

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВ ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЗОНЕ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

Махсутбек Ф. Т., Ожикенова Ж. Ф.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Прогноз структуры топливно-энергетического баланса России показывает, что нефть и газ останутся доминирующими энергоносителями, при сжигании которых в 2030 г. будет производиться 70% энергии [1]. Следует помнить о том, что большое число электростанций и крупных котельных используют мазут в качестве основного топлива, на всех электростанциях и котельных, работающих на газовом топливе, имеются резервные мазутные хозяйства, а электростанции и котельные, работающие на угле, часто используют мазут для растопки и подсвечивания факела [2].

Действующие по сегодняшний день отраслевые методики расчета и проектирования мазутных хозяйств далеко не в полной мере отражают все особенности тепловых процессов, происходящих на всех стадиях подготовки мазута к сжиганию [3].

Одним из перспективных подходов к исследованию тепловых потерь резервуаров ТЭС и котельных в условиях реальной эксплуатации является использование разнообразных коммерческих или открытых пакетов прикладных программ, позволяющих учитывать различные эффекты и процессы, приводящие к интенсификации процессов переноса в рассматриваемых системах.

Целью работы является математическое моделирование тепловых потерь резервуаров ТЭС и котельных, расположенных в зонах влияния инженерных сооружений и численный анализ тепловых режимов рассматриваемых объектов в подобных условиях.

Рассматривается типичный вертикальный цилиндрический стальной подземный резервуар марки РВС–100. На рисунке 1 показано схематическое изображение области решения рассматриваемой задачи.

Для рассматриваемой области (рисунок 1) решается двумерная стационарная задача теплопроводности в системе «подземный резервуар – окружающая среда» с учетом наличия инженерных сооружений в зоне размещения резервуаров ТЭС и котельных.

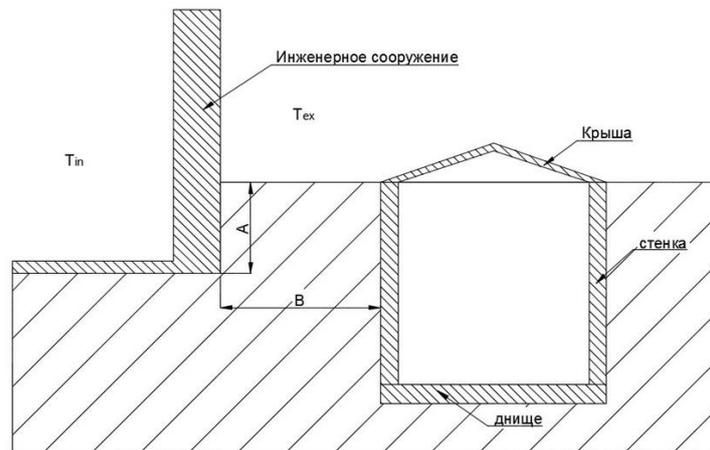


Рис. 1. Схема поперечного сечения области решения

Процессы переноса тепла для рассматриваемого объекта (рисунок 1) будут описываться следующими соотношениями:

$$\nabla^2 T_{из} = 0, \tag{1}$$

$$\nabla^2 T_{г} = 0, \tag{2}$$

$$\nabla^2 T_{ф} = 0. \tag{3}$$

$$T_{из,1} = T_m = \text{const}. \tag{4}$$

$$\lambda_{из} \text{grad}(T_{из,2}) = \lambda_{г} \text{grad}(T_{г,2}); \quad T_{из,2} = T_{г,2}; \tag{5}$$

$$\lambda_{г} \text{grad}(T_{г,3}) = \lambda_{ф} \text{grad}(T_{ф,3}); \quad T_{г,3} = T_{ф,3}. \tag{6}$$

$$-\lambda_{г} \text{grad}(T_{г,4}) = \alpha(T_{г,4} - T_{ex}), \tag{7}$$

$$-\lambda_{ф} \text{grad}(T_{ф,5}) = \alpha(T_{ф,5} - T_{ex}). \tag{8}$$

$$-\lambda_{ф} \text{grad}(T_{ф,6}) = \alpha(T_{ф,6} - T_{in}). \tag{9}$$

$$-\lambda_{ф} \text{grad}(T_{ф,7}) = \alpha(T_{ф,7} - T_{in}), \tag{10}$$

$$\text{grad}(T_{г}) = 0, \quad x \rightarrow \pm\infty, \quad y \rightarrow -\infty. \tag{11}$$

$$\text{grad}(T_{ф}) = 0, \quad x \rightarrow \pm\infty, \quad y \rightarrow +\infty. \tag{12}$$

Обозначения: T – температура, К; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·К.

Индексы: из – слой тепловой изоляции; г – грунт; м – мазут; ф – фундамент инженерного сооружения; in – внутренний; ex – наружный; 1 – внутренняя поверхность изоляции резервуара; 2 – граница раздела «корпус резервуара- грунт»; 3 – граница раздела «грунт – фундамент инженерного сооружения»; 4 – граница раздела «грунт – окружающая среда»; 5 – граница раздела «грунт – инженерного сооружения»; 6 – граница раздела «фундамент – воздух внутри инженерного сооружения». 7 – граница раздела «пол подвала – воздух внутри инженерного сооружения».

Рассматриваемая задача (1) – (12) решена с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics с использованием модуля General Heat Transfer [4].

Исследование проводилось для резервуара марки РВС-100 с тепловой изоляцией из минеральной ваты (толщина 50 мм).

При проведении численного моделирования предполагалось, что температура внутренней поверхности резервуара имеет постоянное значение, равное температуре хранящегося топлива $t_m = 80$ °С. Расстояние от внешней изоляции резервуара до фундамента составляло $B = 20$ м, а заглубление фундамента $A = 2$ м [5]. Температура окружающей среды T_{ex} принималась равной средней температуре воздуха за период отопления в городе Томск [7], а температура воздуха внутри инженерного сооружения составляло $T_{in} = 293,15$ К. В таблице 1 приведены теплофизические характеристики материалов и веществ, использовавшиеся при проведении исследований [6].

Таблица 1. Теплофизические характеристики материалов

| Материал | Плотность, кг/м ³ | Теплопроводность, Вт/(м·К) | Удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С) |
|------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Минеральная вата | 150 | 0,046 | 840 |
| Железобетон | 2200 | 1,54 | 887 |
| Грунт | 1835 | 1,42 | 1155 |

Основные результаты численного моделирования тепловых режимов резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных с учетом влияния инженерных сооружений в зоне их размещения приведены в таблице 2 и на рисунках 2, 3.

В таблице 2 приведены значения тепловых потерь Q_1 рассчитываемого объекта без учета наличия инженерных сооружений и Q_2 – с учетом наличия инженерных сооружений в зоне размещения резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных.

Таблица 2. Результаты расчета тепловых потерь

| Вариант расчета | Температура окружающей среды, °С | Q_1 , кВт | Q_2 , кВт | $\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2}$, % |
|-----------------|----------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| сентябрь | +9,2 | 97,451 | 97,638 | 0,192 |
| октябрь | +0,9 | 109,140 | 109,103 | 0,034 |
| ноябрь | -10,4 | 124,727 | 124,719 | 0,006 |
| декабрь | -17,5 | 134,281 | 134,730 | 0,333 |
| январь | -19,2 | 136,641 | 136,866 | 1,334 |
| февраль | -16,7 | 133,157 | 133,419 | 0,196 |
| март | -10,1 | 124,090 | 124,314 | 0,180 |
| апрель | -0,1 | 110,264 | 110,490 | 0,205 |
| май | +8,6 | 98,275 | 98,462 | 0,190 |
| июнь | +15,3 | 89,021 | 89,208 | 0,210 |

Результаты численного анализа тепловых потерь резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных, приведенные в таблице 4, свидетельствуют о том, что наличие инженерного сооружения в зоне их размещения мало влияют на изменение тепловых потерь, поэтому можно пренебречь этим показателем.

На рисунках 2, 3 приведены типичные температурные поля в зоне резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных при отсутствии близрасположенных инженерных сооружений (рис.2) и при их наличии (рис.3).

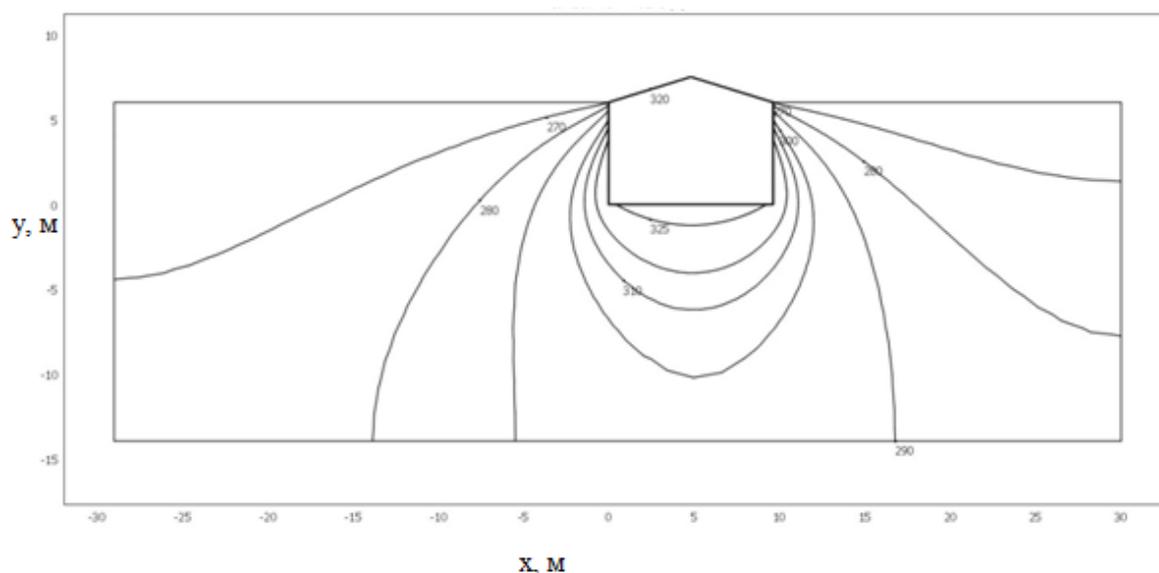


Рис. 2. Типичные температурные поля в зоне размещения резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных при температуре окружающей среды -40°C

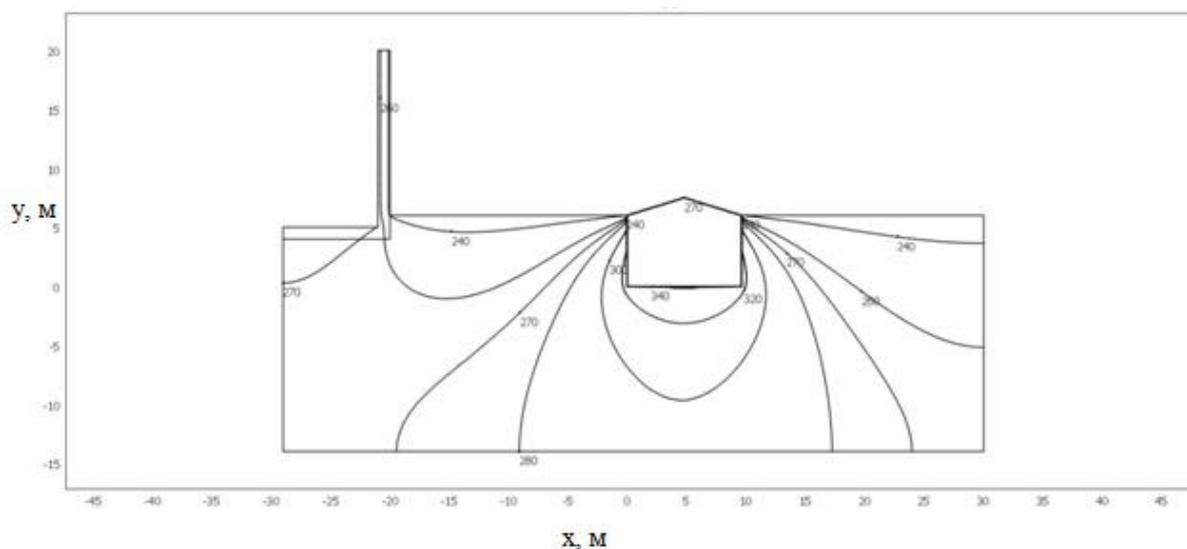


Рис. 3. Типичные температурные поля в зоне размещения резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных при температуре окружающей среды -40°C с учетом влияния инженерного сооружения

ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие теплоснабжения в России в соответствии с Энергетической стратегией до 2030г. // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 2. – С. 6–9.
2. Олимпиев В.В., Михеев Н.И., Молочников В.М. Энергосберегающая технология хранения и подогрева мазута в мазутных хозяйствах ТЭС и котельных // Известия академии наук. Энергетика. – 2005. – №1 – С. 14 – 1
3. Назмеев Ю.Г. Мазутные хозяйства ТЭС. – М.: МЭИ, 2002. – 612 с.
4. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.
5. СНиП 2.11.03-93. Строительные нормы и правила. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2011. – 46 с.
6. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.
7. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ. 2001. – 472 с.

ПРЯМОЙ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОКСИДОВ МЕДИ

Фирсов К. Е., Сайгаш А. С., Сивков А. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск

Оксиды меди в нанодисперсном состоянии являются перспективными материалами для создания высокотемпературных сверхпроводников, полупроводниковых сенсоров, эффективных катализаторов]. Они находят применение в качестве добавок к электродным материалам для изготовления высокопроводящих кислородных электродов с высокой электрохимической активностью, в качестве селективного поглотителя солнечной энергии в составе покрытия тепловых преобразователей солнечной энергии[1], а также используются для придания медицинским материалам биоцидных свойств[2]. Нанодисперсные порошки оксидов меди получают разными способами: методом электролиза металлической меди с использованием переменного тока промышленной частоты[3], синтез CuO электрическим взрывом проводников[4], методом катодного восстановления из водно-органических растворов электролитов[5].

Одним из перспективных методов синтеза нанодисперсных кристаллических материалов различного состава является их прямое получение в высокоскоростной импульсной струе плотной электроэрозионной плазмы, генерируемой импульсным сильноточным ($\sim 10^5$ А) коаксиальным магнитоплазменным ускорителем[6]. Целью данной работы являлось исследование особенностей дисперсного, фазового и химического состава продуктов синтеза.

Композиционные электродные материалы могут быть отнесены к дисперсно-упрочненным спеченным сплавам. Контактные материалы, используемые в узлах коммутации электрического тока высоко- и низковольтного назначения, должны обладать комплексом самых разнообразных свойств: малое удельное и контактное сопротивление, незначительная эрозия (т. е. способность противостоять массопереносу в условиях дугового разряда и свариваемости при замыкании и размыкании), механическая прочность и термическая инертность, высокая теплопроводность и т. д.

Плазмодинамический метод является достаточно универсальным и базируется на использовании сильноточного (порядка 10^5 А) импульсного (до 10^{-3} с) коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) эрозионного типа[6].