

$$\left\{ \begin{array}{l}
 m_1 \cdot \ddot{x}_1 + c_1 \cdot x_1 + \frac{b+c}{l} m_2 \cdot \ddot{x}_2 + \frac{c}{l} m_3 \cdot \ddot{x}_3 + d_{II} \cdot \dot{x}_1 + q \cdot y_1 + \alpha \cdot x_1 \cdot |x_1| = 0 \\
 m_1 \cdot \ddot{y}_1 + c_1 \cdot y_1 + \frac{b+c}{l} m_2 \cdot \ddot{y}_2 + \frac{c}{l} m_3 \cdot \ddot{y}_3 + d_{II} \cdot \dot{y}_1 - q \cdot x_1 + \alpha \cdot y_1 \cdot |y_1| = 0 \\
 m_2 \cdot \ddot{x}_2 + \frac{1}{\delta_{22}} x_2 + \frac{\delta_{23}}{\delta_{22}} m_3 \cdot \ddot{x}_3 - \frac{a}{l \cdot \delta_{22}} x_4 - \frac{x_1}{\delta_{22}} \cdot \frac{b+c}{l} + G_x = m_2 \cdot \varepsilon_2 \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t \\
 m_2 \cdot \ddot{y}_2 + \frac{1}{\delta_{22}} y_2 + \frac{\delta_{23}}{\delta_{22}} m_3 \cdot \ddot{y}_3 - \frac{a}{l \cdot \delta_{22}} y_4 - \frac{y_1}{\delta_{22}} \cdot \frac{b+c}{l} + G_y = m_2 \cdot \varepsilon_2 \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t \\
 m_3 \cdot \ddot{x}_3 + \frac{1}{\delta_{33}} x_3 + \frac{\delta_{32}}{\delta_{33}} m_2 \cdot \ddot{x}_2 - \frac{c}{l \cdot \delta_{33}} x_1 - \frac{x_4}{\delta_{33}} \cdot \frac{a+b}{l} - G_x = 0 \\
 m_3 \cdot \ddot{y}_3 + \frac{1}{\delta_{33}} y_3 + \frac{\delta_{32}}{\delta_{33}} m_2 \cdot \ddot{y}_2 - \frac{c}{l \cdot \delta_{33}} y_1 - \frac{y_4}{\delta_{33}} \cdot \frac{a+c}{l} - G_y = 0 \\
 m_4 \cdot \ddot{x}_4 + c_2 \cdot x_4 + \frac{a}{l} m_2 \cdot \ddot{x}_2 + \frac{a+b}{l} m_3 \cdot \ddot{x}_3 + d_{II} \cdot \dot{x}_4 + q \cdot y_4 + \alpha \cdot x_4 \cdot |x_4| = 0 \\
 m_4 \cdot \ddot{y}_4 + c_4 \cdot y_4 + \frac{a}{l} m_2 \cdot \ddot{y}_2 + \frac{a+b}{l} m_3 \cdot \ddot{y}_3 + d_{II} \cdot \dot{y}_4 - q \cdot x_4 + \alpha \cdot y_4 \cdot |y_4| = 0
 \end{array} \right. \quad (2)$$

Таким образом, проанализировав полученные результаты можно сделать выводы, что с увеличением коэффициента внутреннего гистерезисного трения: диапазон устойчивых частот вращения сужается, а удельный вес автоколебательной накладки в зоне неустойчивых частот вращения возрастает, таким образом, внутреннее трение является дестабилизирующим фактором; амплитуда оборотной составляющей с ростом h падает. В неустойчивой области частот вращения увеличение дисбаланса приводит к снижению амплитуды автоколебательной составляющей и увеличению амплитуды оборотной.

Литература:

1. Лейких Д.В. Идентификация причин возбуждения несинхронных колебаний роторов турбокомпрессоров и способы их снижения. Дис.уч.ст.канд. техн.наук. Сумы, 2011.

УДК 550.8

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТА ПО ГЛУБИНЕ НА ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ РЕЗЕРВУАРОВ ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ С УЧЕТОМ НАЛИЧИЯ ИНЖЕНЕРНОГО СООРУЖЕНИЯ

МАХСУТБЕК Ф.Т., ОЖИКЕНОВА Ж.Ф.

Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация

Реферат: 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.

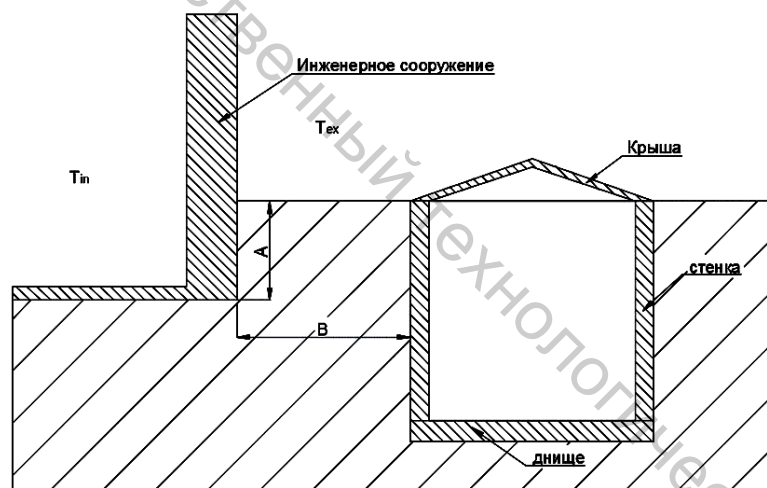


Рисунок 1 – Схема поперечного сечения области решения

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

$$\nabla^2 T_{из} = 0, \tag{1}$$

$$\nabla^2 T_{г} = 0, \tag{2}$$

$$\nabla^2 T_{ф} = 0. \tag{3}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
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 (рисунок 2) и при их наличии (рисунок 3).

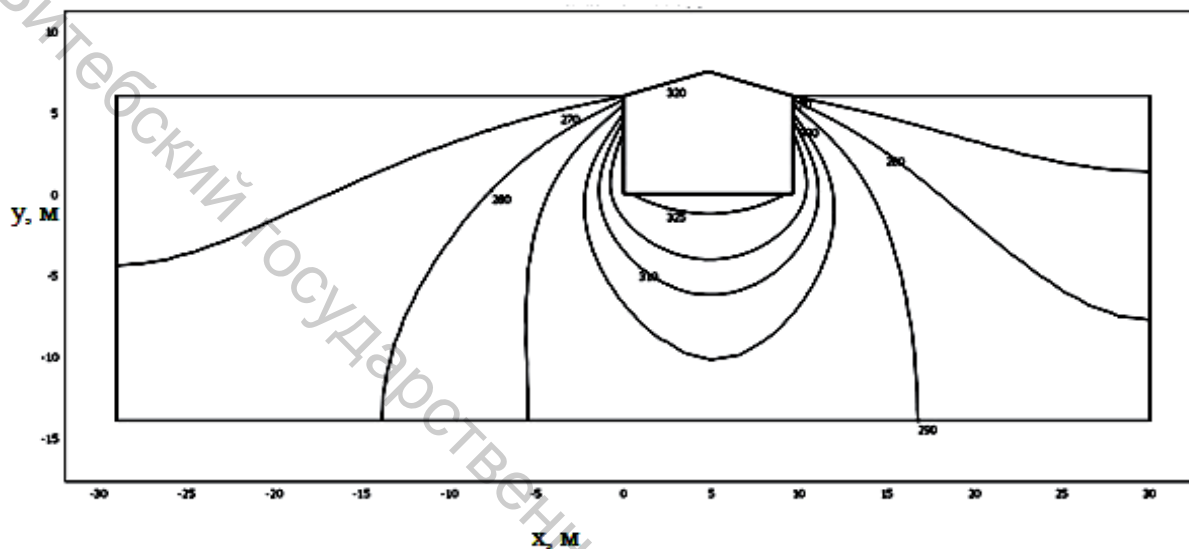


Рисунок 2 – Типичные температурные поля в зоне размещения резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных при температуре окружающей среды -40°C

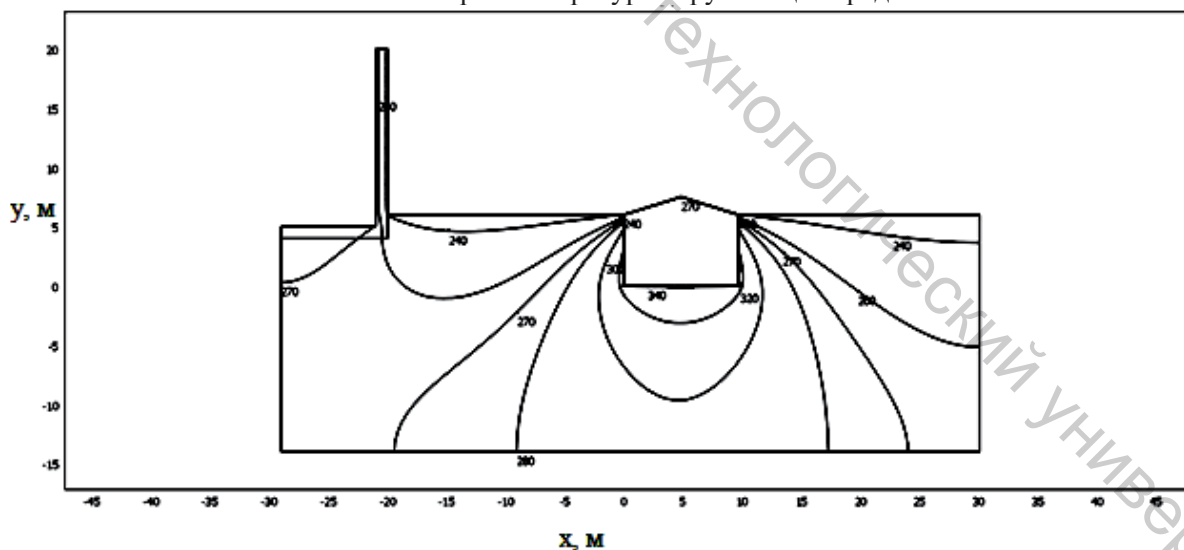


Рисунок 3 – Типичные температурные поля в зоне размещения резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных при температуре окружающей среды -40°C с учетом влияния инженерного сооружения

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.

УДК 677.46.494:536.46

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МИКРЮКОВА О.Н., аспирант, ЛИПАТОВА Л.А., аспирант,
ЗМЕЕВА Е.Д., аспирант, СУББОТИНА Е.В., магистрант, ЗЮЛИН А.А., магистрант,
БЕСШАПОШНИКОВА Н.В., ассистент, БЕСШАПОШНИКОВА В.И., профессор

Московский государственный университет дизайна и технологии,
Российский государственный социальный университет,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: моделирование, оптимизация, текстильные материалы, модификация, замедлители горения, свойства, показатели горючести.

Реферат: в работе представлены результаты поиска эффективного способа модификации целлюлозных текстильных материалов с применением математических методов моделирования эксперимента. Определены оптимальные параметры процесса модификации пропиткой с плюсованием хлопчатобумажной ткани замедлителем горения афламмитом KWB, которые обеспечивают устойчивый огнезащитный эффект с кислородным индексом 27,9-28,2 % об.

На протяжении тысячелетий не ослабевает интерес человечества к хлопчатобумажным тканям. Их природные свойства: высокая гигроскопичность, мягкость, прочность делают их привлекательными для изготовления как изделий бытового (одежда и постельное белье, мебельные и гардинные ткани и др.), так и технического (брезенты, канаты, тенты и т.п.) назначения. Существенным недостатком тканей является горючесть, кислородный индекс не превышает 17-18 % об. В большинстве стран мира приняты законы, запрещающие применение горючих текстильных материалов для отделки помещений и транспорта, в производстве некоторых товаров бытового назначения (одежда для пожилых людей, постельное белье и для других целей) и спецодежды. Поэтому проблема снижения горючести целлюлозных материалов имеет первостепенное значение.

Улучшение функциональных характеристик текстильных материалов или придание им новых свойств путем модифицирования за счет незначительного изменения или дополнения базовой технологии требует значительно меньших материальных затрат и времени, чем создание принципиально новых видов волокон. Поэтому модификация является одним из основных способов придания текстильным материалам специфических свойств, в том числе огнезащитных. Важным вопросом в производстве огнезащитных текстильных материалов является выбор оптимальных путей и методов модификации [1, 2].

В качестве объекта исследования выбрали суровую расшлихтованную хлопчатобумажную ткань арт. 210, поверхностной плотности 110 г/м². Для огнезащитной модификации использовали фосфоразотсодержащий органический замедлитель горения (ЗГ) - Афламмит KWB. В качестве катализатора вводили 70-75% фосфорную кислоту H₃PO₄. Модификацию осуществляли методом пропитки с плюсованием. Замедлитель горения разбавляли дистиллированной водой до требуемой концентрации антипирена в пропиточном растворе. Избыток раствора отжимали, и ткань высушивали до содержания влаги 8%. Затем образцы подвергали термообработке при температуре 150-170 °С в течение 2-10 мин. Модифицированную ткань подвергали промывке холодной водой с