

процессов, ведущих к потере конструкцией электрической прочности. Следующий этап – непосредственно исследования распределения напряжения по элементам гирлянды, связанный с созданием различных условий на поверхности изоляторов, таких как запыление, загрязнения, имитация дождя. Участие принимают все студенты подгруппы, у каждой своей роли и локальное распределение «должностных обязанностей». Важным является возможность визуализации всех этапов развития электрофизических процессов, сопровождающих работу изоляционной конструкции в реальных условиях, для чего необходим источник высокого напряжения. Такое наблюдение достаточно уникальных и быстротекущих процессов невозможно реализовать даже в условиях производственной практики на энергетическом предприятии. После выполнения всех измерений, предусмотренных планом лабораторной работы длительностью около 2 часов, и обсуждении результатов, возвращаемся к обсуждению задач, выданных в начале занятия и проблем, возникших при их решении. После выполнения измерений решение даже усложненных по сравнению с первоначальным условием задач, как правило не вызывает проблем. Такой положительный эффект всегда наблюдался при выполнении занятия по описанной технологии синтеза. Завершается занятие выполнением расчетов и фактической подготовкой, и защитой отчета. Общее время – 4 часа. Рассмотренный подход реализовывался в дисциплинах «Физика пробоя конденсированных сред» и «Техника высоких напряжений». Результаты исследований на основе анализа итогов промежуточного и итогового контроля полностью подтвердили перспективность данного подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелецинек А. Инженерная педагогика. – М.: МАДИ(ТУ), 1998. – 185 с.
2. Приходько В.М., Сазонова З.С. Инженерная педагогика – основа профессиональной подготовки инженеров и научно-педагогических кадров // Высшее образование в России. – 2014. – №4. – С. 6–12.
3. Брыкова Л.В., Головенко А.Г., Смирнова С.А. Инженерная педагогика и перспективы ее применения в профессиональной подготовке специалистов // Человек и образование. – 2015. – №4. – С. 37–40.

СЛОЖНЫЙ ТЕПЛООБМЕН В СЛОЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

В.Ю. Половников, С.Д. Шелемехова
Томский политехнический университет
E-mail: polovnikov@tpu.ru

COMPLEX HEAT TRANSFER IN THE THIN-FILM LAYER OF THERMAL INSULATION

V. Yu. Polovnikov, S. D. Selemenev
National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The authors established the values of heat fluxes in the layer of thin-film thermal insulation in the presence of radiation heat transfer. Comparison of the results of numerical simulation of heat transfer in a layer of thin-film thermal insulation, performed using a conductive-convective heat transfer model with the results for a conductive-convective-radiation model showed a discrepancy between them does not exceed 0,1 %. This is due to errors in numerical calculations. For this reason, a simpler conductive model of heat transfer can be used in practical calculations.*

Известно, что основным методом снижения потерь тепловой энергии при ее транспортировке и хранении является использование теплоизоляционных материалов, отвечающих современным требованиям. Подобными материалами являются

тонкопленочные теплоизоляционные материалы [1]. Ограниченность энергосберегающих мероприятий с применением тонкопленочной тепловой изоляции объясняется не только отсутствием нормативной базы, но и в большей степени проблемами, связанными с проектированием энергоэффективных теплопроводов, поскольку в настоящее время отсутствует единая методика создания энергосберегающих систем транспортировки и хранения тепловой энергии, с использованием тонкопленочной тепловой изоляции.

Целью работы является исследование сопряженного кондуктивно-конвективно-радиационного теплопереноса в тонкопленочном теплоизоляционном покрытии.

Рассматривается слой тонкопленочного теплоизоляционного покрытия состоящего из полых микросфер и связующего вещества [2,3]. На поверхностях тонкопленочного изоляционного покрытия выставляются граничные условия первого рода. На рис.1 схематично представлена область для решения задачи. Для этой области была решена задача, учитывающая сопряженный теплоперенос в системе «полые микросферы – связующее вещество».

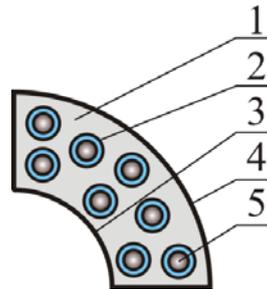


Рис. 1. Область решения задачи: 1 – связующее вещество; 2 – стенка микросферы; 3 – внутренняя поверхность изоляции; 4 – внешняя поверхность изоляции; 5 – полость микросферы

Математическая постановка задачи и метод ее решения описаны в [3]. Моделирование выполнено для теплоизоляционного покрытия, толщина которого составляла 0,33 мм. Покрытие на 62 % состоит из микросфер со следующими геометрическими характеристиками: диаметр 50 мкм, толщина стенок 2 мкм.

Исследования проводились при значениях теплофизических характеристик рассматриваемой системы описанных в [2] (однокомпонентное связующее), а приведенная степень черноты составляла 0.8.

В таблице представлены значения линейных тепловых потоков от трубопровода, изолированного тонкопленочным покрытием для кондуктивно-конвективной Q_1 , кондуктивной Q_2 [2] и кондуктивно-конвективно-радиационной Q_3 моделей, а также приведено сопоставление результатов численного моделирования и экспериментальных исследований [2].

Таблица 1. Результаты численного моделирования теплопереноса в слое тонкопленочной тепловой изоляции

Состав тонкопленочного теплоизоляционного покрытия		Q_1 , Вт/м	Q_2 [2], Вт/м	Q_3 , Вт/м	$\frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} 100\%$	$\frac{Q - Q_2}{Q} 100\%$	$\frac{Q_1 - Q_3}{Q_1} 100\%$
Толщина стенки микросферы 2 мкм	Воздух	48,58	47,33	48,57	-2,65	45,4	0,02
	CO ₂ + N ₂	46,12	46,60	46,08	1,03	44,31	0,09

Анализ результатов математического моделирования позволяет сделать следующие заключения:

- отклонение результатов численного моделирования от данных экспериментальных исследований является значительным (до 70 %) и зависит от состава тонкопленочного теплоизоляционного покрытия;

- сравнение результатов численного анализа тепловых потоков в тонкопленочном теплоизоляционном покрытии Q_1 и Q_2 [2] позволяет сделать вывод о том, что отклонение между ними составляет не более 3 % и может быть объяснено погрешностями численных расчетов;

- отклонение Q_1 (кондуктивно-конвективная модель) от Q_3 (кондуктивно-конвективно-радиационная модель) не превышает 0.1 % и объясняется незначительными разностями температур на границах микросфер.

По этим причинам для практических расчетов можно использовать более простую модель [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-48-700008-р_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chou H.M., Chen C.R., Wu T.N. New transparent thin films for thermal insulation // Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers. Transactions of the Chinese Institute of Engineers. Series C. – 2015. – vol. 36. – no. 1. – P. 85–90.
2. Половников В.Ю. Кондуктивный теплоперенос в слое тонкопленочной тепловой изоляции // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 5. – С. 189–197.
3. Половников В.Ю. Влияние радиационного теплообмена на интенсификацию теплопереноса в тонкопленочной тепловой изоляции // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 8. – С. 34–39.

ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗАЦЕПЛЕНИИ ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е.А. Ефременков

Томский политехнический университет,

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: ephrea@mail.ru

EVALUATION OF THE MAXIMUM CONTACT STRESSES IN THE ENGAGEMENT OF A CYCLOIDAL TRANSMISSION

E. A. Efremenkov

National Research Tomsk Polytechnic University,

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Annotation. *The article considers maximum contact stresses in engagement of transmission with intermediate rolling bodies and free cage. It is shown that the maximum contact stress occurs in the part of the profile at the position angle of the rolling body, which is in the range from 64° to 76°, depending on the initial parameters.*

К современным механизмам предъявляются высокие требования по долговечности и ресурсоэффективности. Эти требования напрямую связаны с техническими характеристиками, которые может обеспечить тот или иной механизм. Одной из характеристик, обеспечивающей долговечность и ресурсоэффективность, является напряжение, возникающее в контакте передающих нагрузку звеньев. Наиболее перспективным механизмом, способным обеспечить требуемые характеристики, является передача с промежуточными телами качения и свободной обоймой (ПТКСО). Этот класс передач используется во многих отраслях промышленности [1, 2] и постоянно