

4. Girginkaya, A. S., Maqsood, U. A roadmap for BIM adoption and implementation in developing countries: the Pakistan case // International Journal of Architectural Research Archnet-IJAR. 2020. Vol. 14 (1). P. 112-132.
5. Строительная климатология: Изменение № 1 СНБ 2.04.02-2000. – Введ. 01.07.2007. – Минск: Минстройархитектуры, 2007. – 35 с.
6. Heating, ventilating, and air-conditioning applications / Ashrae. Atlanta, 2001. – 857 p.

УДК 614.895.5

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК – ЗАЩИТНАЯ ОДЕЖДА – ВНЕШНЯЯ СРЕДА»

*Игнатъев С.А., асп., ст. преп., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье изложены сценарии воздействия окружающей среды на тепловой комфорт человека с учетом свойств специальной защитной одежды и функционирования системы терморегуляции человека. Дано понятие о тепловом комфорте и системе терморегуляции организма человека. Математическая модель должна учитывать сложное протекание теплофизических процессов в системе «человек–одежда–окружающая среда». Модель используется для прогнозирования реакции одетого человека на различные изменения условий окружающей среды.

Ключевые слова: одежда специальная защитная, компартмент, терморегуляция, тепловой комфорт, температура, тепловлагоденос.

Цель исследования: на основе построения модели тепловлагоденоса в системе «человек – защитная одежда – внешняя среда» сформировать физико-математическую модель теплового баланса человеческого тела.

Баланс теплопродукции и теплоотдачи не означает достижение некоторого устойчивого состояния с неизменностью и стационарностью температуры, а в силу присутствия активного управления тепловлагоденосом наблюдается динамический баланс для поддержания постоянной температуры внутренних органов организма [1]. Поэтому уравнение теплового баланса может быть представлено в различных видах [2], но концептуально в них включаются три типа процессов – теплопродукция ($M - W$), теплоотдача ($K + C + R + E$), накопление/дефицит тепла в организме S

$$M - W = K + C + R + E + S \quad (1)$$

Скорость обмена веществ (метаболизм) M обеспечивает тело энергией, позволяющей выполнять механическую работу W за счет физической активности, а остальная часть высвобождается в виде тепла ($M - W$). Передача высвободившегося тепла в окружающую среду осуществляется проводимостью K , конвекцией C , излучением R и испарением E , интенсивность которых обычно зависит от условий окружающей среды [3].

Применение компартментного подхода для построения виртуальной модели тела человека с целью описания тепловых процессов в организме.

Как физическое, так и математическое моделирование тепловых процессов в системе «человек – одежда – окружающая среда» связано не только с установлением понимания функциональности защитной одежды с точки зрения ее теплоизоляционных свойств, но и, как указано выше, с изучением реакции организма человека с учетом его анатомических, физиологических, теплофизических особенностей на изменение внешней эксплуатации рассматриваемого типа одежды. При этом тело человека условно разбивается на N элементарных компонентов в виде простых геометрических фигур (сфера, цилиндр, пластина) называемых компартментами, тогда как тепловые процессы описываются через последовательность математических зависимостей, основанных на физических законах

сохранения и специальных алгоритмах терморегуляции, устанавливающих связь между как самими компартаментами, так и с окружающей средой. Каждый из компартментов представляется набором K слоев с L ячейками (долями), соответствующими, например, коже, мышечной, костной и другим тканям [4] (рис. 1).



Рисунок 1 – Виртуальная модель тела человека

Система кровообращения обычно выступает в качестве дополнительного компартамента особого типа. Одежда с прослойками воздуха между кожей и ее внутренней поверхностью может рассматриваться либо как отдельный компартимент со своими слоями, либо учитываться через эффективные коэффициенты теплоотдачи и влагопереноса от кожи в окружающую среду.

Таким образом, компартиментный подход позволяет перейти на основе математических моделей к количественной оценке процессов переноса как для отдельных частей, так и на их основе тела человека в целом. Для такого анализа, исходя из концептуального уравнения теплового баланса (1), следует определить конкретные пути теплопродукции и теплоотдачи с формулировкой уравнений, включающих члены, которые могут быть измерены или оценены.

В результате проведенной работы предложен метод построения модели тепловлагопереноса в системе «человек – одежда – окружающая среда», который базируется на многокомпартиментном подходе. Данный подход позволяет учесть в модели метаболизм организма человека с одной стороны и тепломассоперенос в текстильных материалах с другой. При этом тело человека представляется набором $N \times K$ элементов со специальным компартиментом, связанным с системой кровообращения, а также компартиментом одежды со своими L слоями. Таким образом, физико-математическая модель теплового баланса может быть сформулирована с включением как минимум $N \times K + 1 + L$ уравнений теплопереноса и уравнения для переноса влаги. Модель позволяет производить моделирование тепла и влагопереноса в системе «человек – одежда – окружающая среда» с учетом внутреннего состояния тела человека и компартамента защитной одежды.

Список использованных источников

1. Колесников, П. А. Теплозащитные свойства одежды / П. А. Колесников. – Москва: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
2. Чичиндаев, А. В. Теплообмен в системе «человек – окружающая среда» в условиях низких температур / А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 214 с.
3. Parsons, K. Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance / K. Parsons. – London: CRC Press, 2002. – 560 p.
4. Fiala, D. Physiological modeling for technical clinical and research applications / D. Fiala // Journal of Frontiers in Bioscience-Scholar, 2010, Vol. 2, № 3. – 2010 – P. 939–968.

УДК 677.023.77

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ WAVE ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЧАСТКА ВОДОПОДГОТОВКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Столяренко В.И., асс., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.
*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Рассмотрены возможности проектирования участка водоподготовки промышленной котельной с использованием программного обеспечения WAVE. Проведен анализ системных требований к оборудованию и программному обеспечению. Описана методика работы с программой на примере расчета ионообменной технологии обессоливания.

Ключевые слова: программное обеспечение WAVE, промышленная котельная, участок водоподготовки, ионообменная очистка, водоподготовка.

Технология водоподготовки является сложным многоплановым процессом и в настоящее время представляет собой конгломерат физико-химических процессов, объединённых в различные комбинации.

Традиционно сложившиеся в промышленности энергетике и коммунальном хозяйстве процессы водоподготовки достаточно подробно описаны в справочной литературе. [1, 2, 3].

Анализируя схемы водоподготовки, можно прийти к выводу, что в большинстве случаев для достижения желаемого качества очистки воды требуется более одной технологии. Большинство программного обеспечения для проектирования водоочистных сооружений не позволяет оптимизировать несколько технологических систем, требуя отдельного программного обеспечения для каждой.

Программа Water Application Value Engine (WAVE) – это первая, в отрасли полностью интегрированная бесплатная программа для моделирования процессов водоподготовки, объединяющая ведущие современные технологии – ультрафильтрацию (UF), обратный осмос (RO), ионный обмен (IX), – в один комплексный инструмент. Используя общий интерфейс, она упрощает процесс проектирования и в конечном итоге помогает сократить время, необходимое для проектирования системы водоподготовки, позволяет моделировать более эффективно и точно, быстрее создавать более эффективные многотехнологические системы [4].

Программа имеет следующие требования к программному обеспечению: Windows Installer 3.1 (Установщик Windows 3.1) или более поздней версии, клиент Microsoft .NET Framework 4.0, SQL Server Compact Edition 3.5 или более поздней версии.

Требования к оборудованию: минимальное требуемое дисковое пространство 120 МБ (для приложения WAVE), 50 МБ (клиентский профиль .Net Framework), 3 МБ (для SQL Server CE). Требуется одна из следующих ОС: пакет обновления 3 для Windows XP, Windows 10, Windows Сервер 2008, Windows Vista, Windows 7 Максимальная / Профессиональная / Корпоративная / Домашняя расширенная / Домашняя базовая. [4]