ОБОСНОВАНИЕ СЕГМЕНТИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕНА ЧЕЛОВЕКА СО СРЕДОЙ

Черунова И.В., Корнев Н.В., Чорный А.Д., Меркулова А.В.

Донской государственный технический университет (РФ), Университет Ростока (Германия),Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАНБ (Беларусь), ООО "БВН инжениринг" (РФ).

Компьютерное моделирование системы терморегуляции человека является ценным инструментом исследований и способствуют более глубокому пониманию принципов работы человеческой системы теплового баланса. Существует пассивная система модели UTCI-Fiala, которая является мульти-сегментарным многослойным представлением человеческого тела с пространственным подразделением, которое включает детальное обозначение анатомических, теплофизических и теплофизиологических свойств человеческого тела. Она представляет среднестатистического человека с массой тела 73,5 кг. с содержанием жировой прослойки 14%. и площадью поверхности тела 1,82м2 [1]. Тело идеализировано как совокупность сферических и цилиндрических элементов, построенных из кольцевых концентрических слоев ткани с соответствующими термофизическими свойствами и физиологическими функциями. Элементы тела подразделены в пространственные секторы и в отдельные узлы ткани. Пассивная система модели UTCI-Fiala состоит из 12 элементов тела, включающих 187 узлов ткани [1].

Активная модель системы, разработанная [2], имитирует реакцию терморегуляции человека, т.е. сужение и расширение сосудов кожного кровообращения, выделение пота и изменение производства метаболического тепла от дрожи; она разработана с помощью регрессионного анализа с использованием экспериментальных данных, полученных от установившегося и переходного воздействия холода, умеренной и высокой температуры в условиях стресса и интенсивности упражнений.

Комфорт человека и внутренний климат рассматривают в подмоделях, например: модель Outdoor Standard Effective Temperature, (Gagge и др., 1986); мюнхенская энергетическая модель баланса человека MEMI (Нцрре, 1984), экологическая тепловая модель MENEX (Blazejczyk, 1994, 2004), подход нормирования пота (ISO 7933), AUB - мультисигментированная биотепловая модель человека для переходного и ассиметричного процесса. В таких моделях система подвергается сложному переходному процессу в пространственно-неоднородной окружающей среде. Пассивная биотепловая модель подразумевает разделение тела человека на 15 цилиндрических сегментов. Каждый сегмент тела разделен на один основной узел, шесть угловых узлов кожи, одну артерию в качестве узла крови и один узел венозной крови. Для расчетов параметров кровообращения используется подмодель Avolio. Мультисегментированная биотепловая модель расширена на два измерения в каждом сегменте по отношению к стандартной модели AUB, чтобы представлять теплопередачу в угловом распределении в дополнение к радиальному распределению. Слой одежды разделен на шесть частей параллельно узлам кожи. Тепло, выработанное человеческим телом, рассеяно в окружающую среду через радиацию, конвекцию и испарение для поддержки основной температуры.

Система «Человек - Окружающая среда» [3] формирует условия и параметры, где расчетные элементы делятся на две характерные группы: внешние элементы, имеющие теплообмен с окружающей средой, и внутренние элементы, не имеющие теплообмена с окружающей средой.

В последнее время все больше прикладных задач имеет основания для применения рассмотренных подходов сегментированных математических моделей теплообмена человека со средой.

Работа выполнена при поддержке ФСРМФПвНТС проект №11032р.

1. Blażejczyk K., Jendritzky G., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Epstein Y., Psikuta A., Kampmann B. An introdouction to the universal thermal climate index (UTCI) / Geographia Polonica. – 2013. - Volume 86, Issue 1, pp. 5-10. - http://dx.doi.org./10.7163/GPol.2013.1

2. Хромова И.В. Исследование тепловых процессов системы «Человек-окружающая среда в условиях низких температур» / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Новосибирск, 2009. – 24с.

3. Данилов А.А., Математическое моделирование биоимпендансных измерений применительно к задаче оценки гидратации лёгких http://dodo.inm.ras.ru/research/_media/bioimpedance/bioimpedance-danilov-salamatova-vassilevski.pdf