

УДК 57.045

## Экспертно-консультативная система прогнозирования степени теплового комфорта в различных температурных условиях

**Матюшев Тимофей Викторович<sup>1(\*)</sup>**

mtv4465@yandex.ru

**Шейна Маргарита Алексеевна<sup>1</sup>**

sheina.marg0.a@gmail.com

**Рыбина Анастасия Сергеевна<sup>2</sup>**

serg4066@live.ru

**Малышев Андрей Дмитриевич<sup>2</sup>**

soktuschitel@yandex.ru

**Чередников Родион Фархадович<sup>1</sup>**

rodion-cherednikov@mail.ru

**Жеребцова Ксения Сергеевна<sup>1</sup>**

zherebtsova.kseniya2003@yandex.ru

<sup>1</sup> Московский авиационный институт, Москва, Россия<sup>2</sup> МГТУ ГА, Москва, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена разработке экспертно-консультативной системы оценки теплового комфорта человека в различных температурных условиях. Актуальность разработанной системы обусловлена необходимостью инструментального контроля соблюдения санитарных правил в производственных помещениях предприятий авиакосмической отрасли. Применение экспертно-консультативной системы позволит снизить вредность условий труда и напряженность трудового процесса и, благодаря устранению отвлекающих факторов, повысить концентрацию внимания авиационных специалистов.

**Ключевые слова:** индекс теплового комфорта, модель Фангера, экспертно-консультативная система, микроклимат

**Введение.** Для создания комфортных и безопасных условий труда на предприятиях авиационной отрасли необходим доступный и понятный инструмент оценки теплового комфорта. Индекс PMV (прогнозируемое среднее число голосов), предложенный О. Фангером [1], не имеет ограничений, присущих большинству разработанных показателей теплового комфорта. Он включен в ряд стандартов, устанавливающих требования к параметрам микроклимата в производственных помещениях [2].

Целью работы было создание экспертно-консультативной системы для анализа параметров микроклимата на основе модели Фангера в соответствии с положениями ГОСТ Р ИСО 7730–2009 в виде компьютерной программы. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- определить на основании проведенного анализа литературных источников оптимальный алгоритм применения модели теплового комфорта Фангера;
- реализовать математическую модель в виде приложения с графическим интерфейсом в среде программирования MATLAB;
- выполнить проверку работоспособности программы и отработку алгоритма расчета составляющих теплового баланса и индексов теплового комфорта для данных из ГОСТ Р ИСО 7730-2009.

**Материалы и методы; результаты.** Метод Фангера основан на физиологическом принципе терморегуляции, в соответствии с которым баланс между теплопродукцией и теплопотерями человека определяет его общие температурные ощущения. Тепловой комфорт описывается балансом между выработанной человеком энергией и его энергетическими потерями [1]. При математическом описании баланса учитываются теплопродукция, теплоизоляция одежды, тепловое излучение, а также температура, скорость движения и влажность воздуха.

Алгоритм программы включает последовательный расчет различных типов теплообмена, усредненного прогнозируемого показателя теплового комфорта (PMV) и прогнозируемого процента неудовлетворенных температурой в помещении лиц (PPD).

С учетом ограничений по условиям применимости модели Фангера из ГОСТ Р ИСО 7730–2009 были отобраны рабочие и повседневные комплекты одежды с подходящими коэффициентами теплоизоляции, а также составлены тест-кейсы для проверки функциональности программы.

Экспертно-консультативная система реализована в виде приложения с графическим интерфейсом в программной среде MATLAB. Пользователь вводит диапазон температурных значений, на котором определяются индексы комфортности, скорость движения воздуха, относительную влажность в помещении, затем выбирает комплект одежды и тип выводимого графика. Для вывода доступен график любого из расчетных параметров.

**Заключение.** Разработанная экспертно-консультативная система может быть использована при оценке теплового комфорта работников в условиях производственной среды. Корректность и работоспособность программы подтверждена функциональным тестированием на данных для определения прогнозируемой средней оценки и нагрузочным тестированием при максимальном диапазоне температур.

#### Список источников

- [1] Fanger P.O. *Thermal comfort — analysis and applications in environmental engineering*. New York, McGraw-Hill, 1970, 250 p.
- [2] ГОСТ Р ИСО 7730–2009. *Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта*. Москва, Стандартинформ, 2011, 43 с.