

МОДЕЛЬ ВПЛИВУ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕННЯ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто актуальну проблему впливу фізичних параметрів робочого середовища на ефективність операторської діяльності. Проаналізовано ключові компоненти мікроклімату (температура, вологість, швидкість руху повітря) та їхній комплексний вплив на психофізіологічний стан людини. Запропоновано структурно-функціональну модель, що описує механізми впливу мікрокліматичних умов на когнітивні функції, рівень втоми та загальну працездатність оператора.

Ключові слова: мікроклімат, людина-оператор, працездатність, тепловий комфорт, когнітивні функції, модель, система «людина-машина», втома.

Abstract

The paper considers the current problem of the influence of physical parameters of the working environment on the efficiency of operator activity. The key components of the microclimate (temperature, humidity, air velocity) and their complex impact on the psychophysiological state of a person are analyzed. A structural-functional model is proposed that describes the mechanisms of the influence of microclimatic conditions on cognitive functions, the level of fatigue and the general performance of the operator.

Keywords: microclimate, human-operator, performance, thermal comfort, cognitive functions, model, «human-machine» system, fatigue.

Вступ

Ефективність функціонування сучасних систем управління, виробничих ліній та диспетчерських пунктів значною мірою залежить від надійності «людської ланки» – людини-оператора. Операторська діяльність характеризується високим рівнем когнітивного навантаження, необхідністю тривалої концентрації уваги та швидкого прийняття рішень [1]. При цьому, працездатність оператора чутлива до умов робочого середовища, серед яких ключова роль належить параметрам мікроклімату.

Неоптимальні мікрокліматичні умови (надто висока або низька температура, підвищена вологість, протяги) виступають як потужний стресовий фактор. Вони призводять до фізіологічного напруження, психологічного дискомфорту, прискореного розвитку втоми та, як наслідок, до зниження продуктивності та збільшення ймовірності помилок [2]. Адекватне моделювання цього впливу є критично важливим для проектування ергономічних робочих місць, нормування умов праці та забезпечення промислової безпеки.

Метою даної роботи є розробка концептуальної моделі, що системно описує вплив комплексу мікрокліматичних факторів на психофізіологічний стан та працездатність людини-оператора.

Основна частина

1. Фактори мікроклімату та їх вплив

Мікроклімат приміщення – це стан внутрішнього середовища, що характеризується сукупністю фізичних параметрів, які впливають на тепловий обмін людини з оточенням. До основних параметрів належать:

- температура повітря (t_p) - основний фактор, що визначає інтенсивність тепловіддачі;
- відносна вологість (ϕ) - впливає на інтенсивність випаровування поту з поверхні шкіри;
- швидкість руху повітря (V) - інтенсифікує тепловіддачу конвекцією та випаровуванням;
- температура оточуючих поверхонь (t_c) - визначає інтенсивність радіаційного теплообміну.

Вплив цих факторів на людину є комплексним. Організм оператора постійно прагне до теплового гомеостазу (підтримання сталої температури тіла близько 36.6°). Відхилення параметрів мікроклімату від зони комфорту змушує організм вмикати механізми терморегуляції (потовиділення, зміна

периферичного кровотоку, тремтіння).

2. Концептуальна модель впливу

Запропонована модель базується на уявленні про людину-оператора як про складну систему, що має два основні «канали» реакції на зовнішні стимули (в даному випадку – на мікроклімат).

На рис. 1 представлена загальна концептуальна схема впливу мікроклімату.

Дана схема ілюструє базовий підхід «чорної скриньки». На вхід системи «Людина-оператор» подаються об'єктивні фізичні параметри мікроклімату. На виході ми фіксуємо зміни у трьох ключових областях:

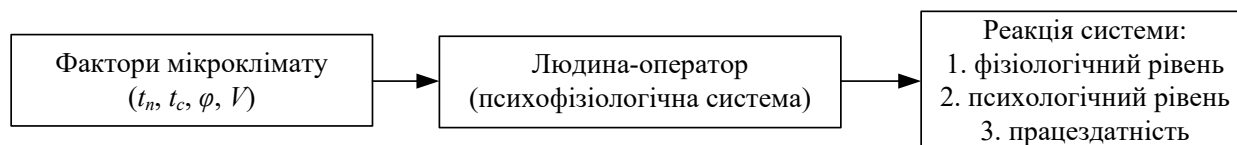


Рисунок 1. Загальна концептуальна схема впливу «Середовище – Оператор»

Аналіз фізіологічного стану включає оцінювання зміни частоти серцевих скорочень (ЧСС), температури тіла, інтенсивності потовиділення. Аналіз психологічного стану - суб'єктивне відчуття теплового комфорту/дискомфарту, рівень бадьорості, настроїв. Оцінювання працездатності передбачає аналіз об'єктивних показників виконання завдання (часу реакції, кількості помилок, стабільності виконання завдань).

3. Структурно-функціональна модель

Для глибшого розуміння процесів необхідно деталізувати «чорну скриньку». Рис. 2 представляє розгорнуту структурно-функціональну модель, що показує внутрішні механізми реакції оператора.

Дана модель розкриває двоконтурний механізм впливу мікроклімату. Контур 1 – фізіологічний (терморегуляційний). Відхилення мікроклімату від комфортних значень сприймається терморецепторами. ЦНС (зокрема, гіпоталамус) запускає фізіологічні реакції для компенсації теплового дисбалансу. Цей процес енергозатратний. Організм витрачає ресурси не на основну діяльність (роботу оператора), а на підтримання гомеостазу. Це призводить до об'єктивного накопичення втоми. Контур 2 – психологічний (когнітивний). Сигнали від рецепторів також обробляються вищими відділами ЦНС, формуючи суб'єктивне відчуття дискомфорту (занадто спекотно, холодно, душно). Це відчуття діє як відволікаючий фактор, який займає частину когнітивного ресурсу (робочої пам'яті, уваги), який мав би бути спрямований на виконання операторського завдання [3].

Обидва контури (фізіологічна втома та когнітивне відволікання) сумуються у загальній зміні функціонального стану. Цей стан безпосередньо визначає кінцеві показники працездатності:

При тепловому дискомфорті (спека): Знижується концентрація уваги, сповільнюються сенсомоторні реакції, зростає кількість помилок пропуску сигналу.

При холодному дискомфорті знижується рухливість (важливо для маніпуляцій), увага може надмірно концентруватися на внутрішніх відчуттях, зростає ризик помилок через м'язову скутість.

Важливим аспектом моделі є те, що навіть незначні, але тривалі відхилення від зони комфорту (субоптимальні умови) призводять до кумулятивного ефекту – поступового накопичення втоми та зниження надійності оператора протягом робочої зміни.

Висновки

Вплив мікроклімату на людину-оператора є комплексним психофізіологічним процесом, який не можна зводити лише до питань комфорту. Це прямий фактор, що визначає надійність та ефективність системи «людина-машина».

Запропонована структурно-функціональна модель (рис. 2) описує механізм впливу через два взаємопов'язані канали: фізіологічний (витрата ресурсів на терморегуляцію) та психологічний (відволікання когнітивних ресурсів через відчуття дискомфорту) та ілюструє взаємозв'язок між фізіологічною реакцією організму (терморегуляція) та психологічним сприйняттям (тепловий комфорт/дискомфорт), які сукупно визначають надійність та продуктивність роботи оператора.



Рисунок 2. Структурно-функціональна модель впливу мікроклімату на працездатність

Дана модель може бути використана як теоретична основа для розробки систем автоматичного контролю мікроклімату на робочих місцях операторів, для обґрунтування санітарно-гігієнічних норм (зокрема, для когнітивно-напруженої праці) та для прогнозування ризику помилок оператора в несприятливих умовах середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зінченко В. П., Муніпов В. М. Основи ергономіки. – К.: Вища школа, 2003. – 345 с.
2. Parsons, K. C. (2014). Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance. CRC Press.
3. Lan, L., Lian, Z., & Pan, L. (2010). The effects of thermal environment on office worker's productivity: a review. Building and Environment, 45(1), p. 11-19.
4. ДСанПіН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: МОЗ України, 1999.

Костішин Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: seruykost@gmail.com.

Пантелейчук Дмитро Олександрович – аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, vindims@gmail.com.

Serhii V. Kostishyn – Ph.D., Assistant professor of department of biomedical engineering and optical-electronic systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: seruykost@gmail.com.

Dmytro Panteleichuk – postgraduate student, department of biomedical engineering and optical-electronic system, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, vindims@gmail.com.