

Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт  
у 2019/2020 навчальному році

Галузь знань: Цивільна безпека (Охорона праці)

Шифр: «Температура захист»

**Тема: «Розробка рекомендацій з удосконалення технології виготовлення засобів індивідуального захисту для працівників, які працюють в умовах підвищених температур»**

2020

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ І ПРОФІЛАКТИКА НЕСПРИЯТЛИВОЇ ДІЇ ЦЬОГО ФАКТОРУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	
1.1 Вплив високих температур на організм працівників.....	6
1.2 Залежність параметрів мікроклімату від властивостей матеріалів, конструкції одягу, умов експлуатації.....	12
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СПЕЦОДЯГУ	
2.1 Прилади та матеріали, що використовувались під час дослідження...	16
2.2 Дослідження накопичення вологи в текстильних матеріалах.....	20
ВИСНОВКИ.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	26

## ВСТУП

Безпека праці - одна зі складових здоров'я і довголіття людини. Забезпечення безпеки праці, збереження нормального функціонального стану людини, його працездатності - основне призначення засобів індивідуального захисту (далі ЗІЗ) незалежно від специфіки та умов праці тих професійних груп, для яких вони призначені. Якість сучасних ЗІЗ визначається не тільки захисними характеристиками, але і цілим рядом різнобічних критеріїв, таких як ергономічні, експлуатаційні, естетичні.

Засоби індивідуального захисту дозволяють попередити несприятливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працюючих. Їх забезпечення надійними ЗІЗ сприяє підвищенню рівня безпеки праці, зниженню виробничого травматизму та професійної захворюваності, підвищенню продуктивності праці. Але ефективність використання ЗІЗ багато в чому залежить від правильного їх вибору і експлуатації.

Розроблені технічні регламенти, серед яких: Технічний регламент засобів індивідуального захисту, затверджений Постановою від 27 серпня 2008 р. N 761, який визначає вимоги до рівня безпеки засобів індивідуального захисту, проведення процедури оцінки відповідності таким вимогам, встановлює правила маркування зазначених засобів та введення їх в обіг.

У системі показників якості спеціального одягу найважливіші значення мають гігієнічні показники, що визначають мікроклімат біля поверхні тіла людини, тепло і газообмін його з навколишнім середовищем. Оптимальний мікроклімат під одягом забезпечує нормальний функціональний стан людини, її самопочуття і як наслідок цього, збереження високої працездатності, зростання продуктивності праці, ефективність життєдіяльності людини в цілому. Крім того, матеріали, з яких виготовляється засіб захисту (спецодяг), а також продукти розпаду таких матеріалів не повинні негативно впливати на здоров'я користувача такого засобу та/або оточуючих.

Проблема створення спеціального одягу, що відповідає гігієнічним вимогам, є актуальною з огляду поширення тенденції до зниження матеріаломісткості тканин та з необхідністю експлуатації їх у різних виробничих умовах. Це обумовлює необхідність розгляду гігієнічності спецодягу та оцінки його якості на стадії проектування. Адже поверхня кожної складової частини засобу захисту, що під час використання торкається або потенційно може торкатися користувача такого засобу захисту (працівника), повинна бути гладенькою, без гострих країв, деталей, що виступають та можуть спричинити подразнення шкіри або травми.

Гіпотеза дослідження полягає у припущенні, що удосконалення технології виготовлення засобів індивідуального захисту працівників, які працюють в умовах підвищеної температури дозволить збільшити ефективність виконання робіт.

**Метою дослідження** є розкрити особливості технології виготовлення засобів індивідуального захисту для працівників, які виконують роботи в умовах підвищеної температури для захисту та забезпечення фізіолого-гігієнічних умов.

**Об'єкт дослідження:** процес виготовлення засобів індивідуального захисту працівників, які працюють в умовах підвищеної температури.

**Предмет дослідження:** сукупність теоретичних і практичних рекомендацій щодо виготовлення засобів індивідуального захисту працівників.

**Наукова новизна** полягає в розробці та реалізації на етапі проектування алгоритму прогнозування властивостей багат шарових матеріалів, що використовують для спеціального одягу, в залежності від накопичення в них вологи.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в наступному:

- запропоновано механізм підбору параметрів текстильних матеріалів для розв'язання задач виготовлення спеціального одягу.
- розраховано час комфортної роботи за умови можливості накопичення вологи текстильним матеріалом, з якого виготовлено спеціальний одяг.

- запропоновано обирати текстильні матеріали для спеціального одягу, спираючись на час комфортної роботи працівників у цьому одязі.

# РОЗДІЛ 1

## ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ І ПРОФІЛАКТИКА НЕСПРИЯТЛИВОЇ ДІЇ ЦЬОГО ФАКТОРУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

### 1.1 Вплив високих температур на організм працівників

У процесі вивчення науково-технічної літератури були проаналізовані існуючі методи оцінки якості засобів індивідуального захисту. Особлива увага приділена аналізу публікацій, в яких знайшли відображення питання розробки номенклатури показників безпеки виробів і їх гігієни.

На основі критичного аналізу було визначено коло невирішених проблемних завдань, пов'язаних з вибором і обґрунтуванням номенклатури показників якості і безпеки засобів індивідуального захисту при роботі в умовах підвищеної температури.

Вплив високої температури повітря і теплового випромінювання викликає значне розширення поверхневих судин шкіри та підвищення її температури. Особливо нагріваються відкриті ділянки тіла, що піддаються опроміненню, а також кінцівки.

Тепловий вплив на організм викликає рефлекторне підвищення секреції потових залоз, що забезпечує значне збільшення тепловіддачі, оскільки при випаровуванні 1 г поту витрачається близько 2,19 кДж тепла. Таке потовиділення називається профузним, оскільки піт стікає краплями, не встигаючи випаруватися і не охолоджуючи тіла людини. Інтенсивне потовиділення, свідчить про значне напруження системи терморегуляції, що призводить до зневоднення організму. При цьому особливо великі втрати внутрішньоклітинної рідини. З потом виводяться також солі натрію, калію, кальцію, фосфору, такі мікроелементи, як мідь, цинк, йод, водорозчинні вітаміни (С, В<sub>1</sub>) та ін.[3].

Серед працівників, робота яких протікає в умовах підвищеної температури частіше за все спостерігаються патології, розвиток яких обумовлений впли-

вом тепла, а саме: дистрофічні зміни міокарда зустрічаються частіше в 2 - 2,5 рази, гіпертензія в 1,5 - 1,7 рази, артеріальна гіпотонія в 7 - 8 разів вище, ніж в колективах, що працюють в умовах допустимого мікроклімату [1]. У працівників, що виконують роботи в умовах підвищеної температури частіше реєструються захворювання нервової системи, особливо периферичної, невралгії, радикуліти, що обумовлено впливом різких перепадів мікрокліматичних умов, переохолодженням. Спостерігаються також функціональні порушення центральної нервової системи у вигляді вегетоастенічного синдрому. Результати вивчення імунологічної реактивності як показника загальної реактивності організму свідчать про зниження захисних сил, резервних можливостей організму.

В процесі роботи у працівників гарячих цехів відбувається адаптація до умов нагріваючого мікроклімату, що виявляється в більш доцільній реакції організму на теплові навантаження (менше підвищення температури шкіри і тіла, підвищення частоти пульсу, раціональне потовиділення, краще тепловідчуття). Однак у тих випадках, коли теплове навантаження перевищує допустимі рівні і адаптація досягається ціною значного напруження функцій організму, може мати місце розвиток патологічних реакцій - захворювань.

Спекотний мікроклімат чинить шкідливий вплив на організм працівників, викликаючи погіршення самопочуття, зниження працездатності, загострення хронічних захворювань. Особливо це стосується тих, хто працює на відкритій місцевості, у виробничих і громадських приміщеннях без кондиціонування. Робочий процес за таких умов необхідно організовувати з урахуванням заходів профілактики перегрівання організму, дотримуючись наступних рекомендацій:

- З метою профілактики перегрівання організму необхідно організувати раціональний режим праці та відпочинку. При роботах на відкритих місцевостях і за температури зовнішнього повітря 35<sup>0</sup>С і вище, тривалість періодів безперервної роботи повинна складати 15-20 хв. з наступною тривалістю відпочинку не менше 10-12 хв. в охолоджених приміщеннях. При цьому допустима сумарна тривалість термічного навантаження за робочу зміну для осіб які вико-

ристовують спеціальний одяг для захисту від теплового випромінювання не повинна перевищувати 4-5 годин, і 1,5-2 години для осіб без спеціального одягу.

- В охолоджуючих приміщеннях, аби уникнути негативного впливу на організм великого перепаду температур, слід підтримувати температуру повітря на рівні 24-25<sup>0</sup>С.

Робота при температурі зовнішнього повітря більше 37<sup>0</sup>С за показниками мікроклімату відноситься до небезпечних (екстремальних). За цієї температури не рекомендується проведення робіт на відкритому повітрі. Слід змінити порядок робочого дня та перенести години роботи на ранковий або вечірній час.

Для захисту від надмірного теплового випромінювання необхідно використовувати спеціальний одяг з натуральних тканин. В умовах підвищеної температури рекомендується допускати до роботи осіб, які відповідно до проведених медичних оглядів не мають проблем зі здоров'ям. З метою профілактики зневоднення організму рекомендується правильно дотримуватися питного режиму. Рекомендована температура питної води, напоїв, чаю 10-15<sup>0</sup>С.

Для оптимального водозабезпечення рекомендується також відшкодувати втрату солей і мікроелементів, що виділяються з організму з потом, за рахунок вживання підсоленої води, мінеральної лужної води, молочно-кислих напоїв, соків, вітамінізованих напоїв, киснево-білкових коктейлів. Пити воду слід часто і потроху, щоб підтримувати хорошу гідратацію організму. При температурі повітря більше 30<sup>0</sup>С і виконанні робіт середньої важкості, потрібно випити не менше 0,5 л води на годину – приблизно один стакан кожні 20 хв.[12].

У даній роботі розглянемо групу заходів, в яку входить об'єкт дослідження, а саме засоби індивідуального захисту для працівників гарячих цехів (спеціальний одяг). Захист людини від перегрівання - найбільш складна задача, тому що одночасно необхідно захистити людину від припливу тепла ззовні (наприклад, за рахунок променистого потоку тепла на цілому ряді виробництв і т. д.) і забезпечити віддачу тепла, що утворюється в організмі [14].



У зв'язку з цим, при виготовленні одягу необхідно враховувати раціональні конструктивні рішення:

1. Одяг не повинен щільно прилягати до тіла, а навпаки, утворювати повітряний шар навколо нього, який сприяє випаровуванню вологи безпосередньо з поверхні шкіри. Шар водяної пари що утворюється між шкірою та одягом зменшує вплив сонячної радіації.

2. Підодежний простір повинен вентилюватися. Це забезпечується застосуванням матеріалів необхідної повітропроникності і правильного вибору конструкції спецодягу (наприклад, застосування в ньому спеціальних вентиляційних отворів).

3. Матеріали для спецодягу повинні бути вологопровідними, добре вбирати вологу і легко віддавати її у навколишнє середовище. Зволожена поверхня одягу полегшує процес терморегуляції людини за рахунок збільшення випарувальної поверхні.

Додаткові вимоги пред'являються до спецодягу для захисту від променевого тепла. В цьому випадку необхідно використовувати матеріали з високими відбиваючими властивостями (металізований азбест і льон). Однак при тепловипромінювання великої інтенсивності (близько  $6900 \text{ Вт/м}^2$ ) металізовані матеріали швидко прогріваються, внаслідок чого їх можна застосовувати тільки в пакеті, що володіє певним термічним опором. Товщина такого пакету повинна бути не менше 3 мм (наприклад, вовняні тканини з накладками з металізованих матеріалів).

При тепловипромінюванні меншої інтенсивності (до  $2080 \text{ Вт/м}^2$ ) достатній захист забезпечують бавовняні костюми з накладками з вовняної тканини, наприклад шинельного сукна. У зв'язку з тим, що металізовані матеріали волого – і повітронепроникні, при виготовленні спецодягу слід враховувати топографію і площу опромінюваної ділянки поверхні тіла. У тих випадках, коли дії променистого тепла може піддатися вся поверхня тіла, потрібен костюм, виготовлений повністю з металізованих матеріалів. В цьому випадку лімітується час

користування костюмом, який при інших рівних умовах залежить від інтенсивності променистого теплового потоку, температури повітря, рівня енерговитрат.

З метою поліпшення теплового стану організму розробляються пристрої (з повітряним або кондуктивним охолодженням), спрямовані на збільшення тепловіддачі організму. Такі пристрої експлуатуються в комплекті зі спеціальним одягом і практично дозволяють нормалізувати тепловий стан людини при роботі в нагріваючому середовищі (наприклад, при роботі в глибокій шахті, в гарячих цехах скляної промисловості тощо) [15,17].

Одна з найважливіших функцій одягу – забезпечення теплового комфорту, який є умовою нормальної життєдіяльності людини, що виражається в гарному самопочутті і високій працездатності. Необхідна умова збереження тривалого комфорту – підтримання теплового балансу, який досягається, зокрема, шляхом терморегуляції організму і застосуванням необхідного захисного одягу.

Тепловий стан людини значною мірою залежить від кількості тепла, що виробляється тілом – теплопродукції. Інтенсивність утворення тепла у процесі життєдіяльності людини залежить від віку, статі, температури навколишнього середовища, живлення, інтенсивності м'язової діяльності. Процеси перетворення енергії в організмі дуже складні. Частина енергії, що утворюється в організмі, перетворюється в механічну  $N$ , яка потім витрачається на виконання зовнішньої роботи. Основна ж частина енергії переходить в теплову  $Q_{от}$ . Таким чином, енергія, що виділяється в організмі людини у вигляді тепла (теплопродукція) і витрачається на підтримання постійного рівня температури тіла, становить при фізичній роботі лише частину загальних енерговитрат  $Q_{зет}$ .

$$Q_{зет} = Q_{уд} - N \quad (1)$$

У стані спокою:

$$Q_{зет} = Q_{уд}$$

Кількість виконаної роботи  $N$  може бути визначена рівнянням:

$$N = k(Q_{уд} - Q_0), \quad (2)$$

де  $k$  – термічний коефіцієнт корисної дії;

$Q_o$  – основний обмін ( $Вт/м^2$ ).

Основний обмін – це мінімальна кількість енергії, необхідна для підтримки основних життєвих процесів, за умови повного спокою, при розслабленні м'язів, відсутності зовнішніх подразників, натошак, в комфортних мікрокліматичних умовах. Величина основного обміну, у здорової людини коливається в залежності від віку і статі. У таблиці 1 наведені нормативні величини основного обміну на одиницю поверхні тіла людини [14].

Таблиця 1

Основний обмін  $Q_o$ ,  $Вт/м^2$ 

<b>Вік, роки</b>	<b>Чоловіки</b>	<b>Жінки</b>
3	69,9	63,4
5	65,5	61,6
8	58,3	56,3
10	54,2	51,5
12	50,9	47,2
15	48,6	42,8
20	44,7	39,9
25	43,1	39,5
30	42,3	39,3
35	41,4	39,0
40	41,3	37,9
50	39,3	37,1
60	38,5	36,4
70	37,7	35,7

Таким чином, для визначення теплопродукції людини необхідно знати його загальні енерговитрати  $Q_{зет}$ , термічний коефіцієнт корисної дії  $k$  і основний обмін  $Q_o$ :

$$Q_{зет} = Q_{уд} - k(Q_{уд} - Q_o) \quad (3)$$

Дані про теплоутворення необхідні для розрахунку тепловтрат організму, які у свою чергу служать основою для розрахунку термічного опору одягу. Завдяки термічному опору одягу забезпечується нормальний тепловий баланс організму [17].

## **1.2 Залежність параметрів мікроклімату від властивостей матеріалів, конструкції одягу, умов експлуатації**

В останнє десятиліття обсяг виробництва матеріалів для спеціального одягу збільшується значною мірою в результаті широкого використання хімічних волокон. У зв'язку з цим виникла специфічна проблема, пов'язана з визначенням впливу волокнистого складу матеріалу на самопочуття і комфортність людини.

Відомо, що матеріали з синтетичних волокон володіють багатьма позитивними властивостями, насамперед фізичною довговічністю, стабільністю розмірів, зручністю догляду, високим рівнем естетичних властивостей. Разом з тим для них характерні істотні недоліки. Споживачі скаржаться на недостатню або підвищену теплоізоляцію одягу з гідрофобних волокон, неприємні відчуття від електричних розрядів, подразнення та свербіж шкіри, неприємний запах, швидке забруднення.

Важливе значення має оптимізація гігієнічних властивостей матеріалів одягу, що містять хімічні волокна, визначення оптимальних умов експлуатації одягу, тобто умов, в яких використання гідрофобних матеріалів не викликає надмірного напруження механізму терморегуляції організму людини.

При нормальній функції шкіряного покриву в умовах відносно низької вологості навколишнього повітря вплив матеріалів одягу на організм людини визначається не їх здатністю поглинати вологу, а пористістю і пов'язаної з нею повітропроникністю. Так деякі зарубіжні вчені дотримуються точки зору рівноцінності одягу з хімічних і натуральних волокон за умови забезпечення достатнього рівня його повітропроникності.

В комфортних умовах навколишнього середовища і при фізичних навантаженнях людини, що не викликають інтенсивного виділення поту, одяг з гідрофобних матеріалів може забезпечувати задовільний тепловий стан. При цьому для забезпечення близького до тканин з натуральних волокон опору випаровування поту, тканини з гідрофобних волокон повинні бути більш повітропроникними, ніж тканини з натуральних волокон.

В умовах сухого жаркого клімату експлуатація одягу з синтетичних матеріалів, а також матеріалів з синтетичними волокнами в суміші з натуральними або штучними, внаслідок їх високої теплопровідності і низької гігроскопічності, призводить до значної зміни теплового балансу організму людини. Для матеріалів літнього одягу гранична повітропроникність, збільшення якої не впливає на тепловий стан людини в умовах відносно спокійного повітря, становить  $190 \text{ дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$ . З підвищенням швидкості вітру зростає роль повітропроникності матеріалів і знижується вплив волокнистого складу на мікроклімат під одягом.

Оскільки одяг, як правило, являє собою пакети матеріалів, що містять гідрофобні і гідрофільні волокна, може бути досягнуто таке співвідношення і розташування матеріалів, при якому гідрофобні волокна не будуть негативно впливати на мікроклімат під одягом і самопочуття людини. В результаті фізіолого-гігієнічної оцінки одягу з поліефірних текстурованих матеріалів у комплекті з бавовняною білизною прийшли до висновку, що тканини з повітропроникністю, що перевищує  $30 \text{ дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$ , при температурі повітря  $28-32^\circ\text{C}$  і швидкості вітру  $1,8 \text{ м/с}$  роблять такий же вплив на самопочуття людини, як і бавовняні тканини [18].

Порівняльна фізіолого-гігієнічна оцінка одягу з бавовняних, бавовнолавсанових костюмно-платтяних тканин з різними показниками повітропроникності показала, що тканини костюмно-платтяного призначення, що містять 67% поліефірного і 33% бавовняного волокна, придатні для виготовлення побутової одягу, що експлуатується при температурі та відносній вологості повітря, що не перевищують відповідно  $25^\circ\text{C}$  і 30-40%.

Експлуатація одягу з тканин, що містять 67% поліефірного 33% бавовняного волокна, призводить до підвищення температури шкіри, температури і вологості повітря під одягом, до більш високих вологовитрат, до подальшого накопичення тепла в порівнянні з одягом з бавовняних тканин.

Для забезпечення комфортного теплового стану людини показники повітропроникності костюмно-платтяних тканин з бавовняного волокна повинні бути не нижче  $47 \text{ дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$ , а бавовнолавсанових (33% бавовни) - не нижче  $94 \text{ дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$ . В умовах, близьких до комфортних, при відносно нерухомому повітрі тканини з показниками повітропроникності, що перевищують вказані значення, не чинили істотного впливу на мікроклімат під одягом і тепловий стан людини.

Теплоізоляційні властивості одягу багато в чому визначаються товщиною її пакета, що включає товщину матеріалів і повітряних прошарків. Виходячи з цього, слід очікувати, що шляхом збільшення товщини повітряних прошарків, в одязі можна підвищити її термічний опір. Ефективність повітряних прошарків у цьому сенсі залежить від виду одягу [16].

Крім властивостей самих матеріалів, як зазначалося вище, велике значення для вентиляції підодіжного простору має конструкція одягу. Всі дослідники вказують на переваги одягу вільного крою, що забезпечує хорошу вентиляцію підодіжного простору, що потрібно для кращого видалення поту що виділяється. Одяг вільного крою зменшує температуру і вологість повітряних прошарків, знижує температуру шкіри (таблиця 2).

Таблиця 2

Вплив виду одягу на показники теплового стану людини (температура  $=32 \text{ }^\circ\text{C}$ ; швидкість руху повітря= $1,8 \text{ м/с}$ ; відносна вологість= $60\%$ )

Показник теплового стану людини	Поліетилен			Бавовна		
	комбінезон	куртка і штани	халат	комбінезон	куртка і штани	халат
Середньозважена температура шкіри, $^\circ\text{C}$	37,0	35,8	35,7	35,9	35,9	35,4
Вологовитрати,	377	320	300	330	290	270

г/год.						
Ефективність вологовитрат, % (відношення кількості вологи що випарилася до загальної кількості виділень)	39	47	80	71	76	85

Дані наведені у таблиці 2 вказують на те, що одяг, у якому забезпечений більший доступ повітря в підодежний простір, збільшує ефективність вологовиділень і тим самим зменшує теплове навантаження на організм.

Таким чином, для захисту працівників від теплового впливу необхідно:

1. Розробити матеріали, що мають високу повітро і вологопроникність, гігроскопічність, капілярність, вологовіддачу, не липнуть до поверхні тіла, що зменшують зовнішнє теплове навантаження.

2. Створити раціональну конструкцію спецодягу, яка забезпечує відведення тепла з поверхні тіла шляхом випаровування вологи і зменшує приплив тепла ззовні.

3. Для проектування спецодягу застосовувати багатошарові пакети з тканин, що вбирають в себе вологу і утримують її між шарами певну кількість часу, або певний обсяг вологи [15, 17].

## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СПЕЦОДЯГУ

#### 2.1 Прилади та матеріали, що використовувались під час дослідження

Експериментальні дослідження проводились у випробувальній лабораторії. Вибір даної лабораторії обґрунтований наявністю необхідного обладнання, фахівців та методики для проведення зазначеного у роботі дослідження.

*Об'єкт випробувань:* тканина текстильна багат шарова, артикул № 38Б. Код ДКПП 18.24.13. Тканина текстильна, виріб, утворений в процесі ткацького виробництва переплетенням взаємно перпендикулярних ниток - подовжніх (основних) і поперечних (уточних). Виробник тканини: ТЗОВ «Волинь-Текстиль-Контакт».

Нормативні вимоги до текстильних матеріалів приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Нормативні вимоги до текстильних матеріалів

Показники текстильних матеріалів		Бязь №1	Бязь №2	Сатин
Волокнистий склад, %	основа	ВХ-100	ВХ-100	ВХ-100
	уток	ВХ-100	ВХ-100	ВХ-100
Лінійна щільність (метричний номер)	основа	25 (40)	34 (29,4)	18,5 (54)
	уток	29 (34,5)	36 (27,8)	15,4 (64,9)
Щільність, кількість ниток на 10 см.	основа	278	242	315
	уток	226	184	464
Поверхнева щільність, г/м <sup>2</sup>		138	145	137
Повітряпроникливість, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)		більше 375	більше 375	більше 375
Паропроникливістьг/(м <sup>2</sup> ·ч)		56	56	56
Вологість, %		7	7	7
Водопоглинення, %		60	60	60
Змінення лінійних розмірів, %	основа	3,5	3,5	3,5
	уток	2	2	2



*Відомості про нормативні документи:*

- ГОСТ 29298-2005 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. ОТУ»;

- ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811-81) «Полотна текстильне. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств».

*Мета випробувань:* перевірка відповідності тканини текстильної багат шарової, артикул №38Б, вимогам ДСТУ ГОСТ 3816:2009 р. - визначення фізико-гігієнічного показника «водопоглинення багат шарової тканини».

За результатами лабораторних випробувань визначити можливість використання багат шарової стьобаної текстильної тканини при виготовленні костюмів для роботи у гарячих цехах – в умовах підвищеної температури, а саме виготовлення комплекту спеціального одягу.

*Зразки для випробування.* Зразком для випробування була багат шарова текстильна тканина, розміром 20x20 см, вироблена з декількох накладених один на одного основ, що скріплюються загальними уточними нитками.



Рис. 1. Зразки випробувального текстильного матеріалу (одношарові)



Рис. 2. Зразок випробувального текстильного матеріалу (багат шаровий)

*Кількість зразків:* двісті (200) проби розміром 20 x 20 см тканини текстильної багат шарової, артикул №38Б.

*Кліматичні умови випробувань:*

- температура навколишнього середовища: 21°C -22°C;

- відносна вологість: 65...66%;
- атмосферний тиск: 100...101 кПа.

*Випробувальне обладнання:* наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

## Випробувальне обладнання та засоби вимірювання

<i>Найменування</i>	Позначення (тип)	Заводський і/або інвентарний номер	Діапазон вимірювань, ціна поділки, похибка
<i>1</i>	2	3	4
Ваги лабораторні	ВЛО -0.2 кг-ІІ	зав. № 279	границя вимірювань 0 - 0.2 кг, ціна поділки 1 мг, похибка $\pm 1$ мг
Пластина з нержавіючої сталі 50г, розміром 2x2 см	КР-с	Інв. № 014	-
Стіл для розташування проб	В-5	Інв. № 025	-
Апарат сушильний	АСТ-73	зав. № 354	max t° у сушильній ка- мері +130° $\pm 2$ °С
Лінійка вимірювальна	-	зав. № 59	границя вимірювань 0-500 мм, ціна поділки 1 мм, похибка $\Delta \pm 0,15\%$
Секундомір механічний	-	зав. № 9371	діапазон виміру від 0÷12 год, похибка $\pm 1$ с
Плівка поліетиленова	Рукав,	Інв. № 017	0,100 (1400) ГОСТ 10354-82.
Войлок технічний грубо- шерстий	Лист	Інв. № 022	ГОСТ 6118 – 81 Площа: 100x200 см. Товщина: 0.8 см.
Вода дистильована	-	-	ГОСТ 6709 (t°С, 20)

*Особливості поведінки зразків під час випробувань:* при проведенні випробувань представлених зразків ніяких особливостей та відхилень не виявлено.

*Опис методики випробувань, процес випробування (Рис. 3):*

1. Войлок технічний (ГОСТ 6118 – 81) площею 100x200 см.  $\pm 0,05$ , товщиною 0,8 см занурюють у дистильовану воду та витримують там 5 хвилин.
2. Діставши з рідини підвішують на гачок на 1 хв. щоб стекла вода.
3. Розстилають змочений волок на випробувальний стіл.
4. Висушують випробувальні зразки у сушильній камері та зважують.
5. Розміщують 50 випробувальних зразків по всій площі змоченого войлоку.
6. Притискають зразки нержавіючими пластинами.
7. Накривають всю конструкцію зі зразками поліетиленовою плівкою.
8. Через певні проміжки часу, в залежності від матеріалу та кількості шарів матеріалів у пакеті знімають по 3 зразки і ставлять на ваги.
9. За результатами вимірювання маси трьох зразків визначають середнє арифметичне значення.
10. Від середнього арифметичного значення маси трьох зразків віднімають масу висушеного зразка.
11. Значення результатів заносять в таблицю.

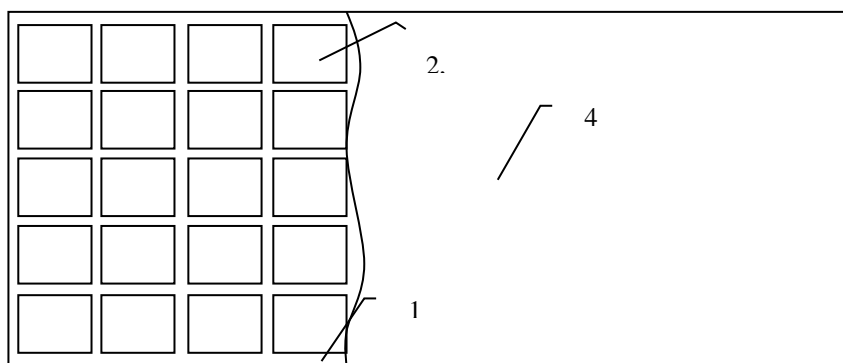


Рис. 3. Загальний вигляд розташування випробувальних зразків на лабораторному столі. 1 – стіл; 2 – випробувальні зразки; 3 – нержавіючі пластини; 4 – поліетиленова плівка.

**Висновок випробувань:** Тканина текстильна багатошарова, артикул №38Б відповідає вимогам ГОСТ 29298-2005 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. ОТУ», ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811-81) «Полотна текстильне. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств».

Рекомендується використання багат шарової стьобаної текстильної тканини при виготовленні костюмів спеціального одягу для роботи в умовах підвищених температур, а саме виготовлення внутрішніх деталей, що контактують з ділянками тіла людини.

## 2.2 Дослідження накопичення вологи в текстильних матеріалах

На основі експериментальних досліджень встановлені основні закономірності по накопиченню вологи в текстильних матеріалах, визначені їх основні характеристики, необхідні для моделювання. Визначені основні показники накопичення вологи в текстильному матеріалі – зміна концентрації вологи в матеріалі, як суцільному цілому (рис.4) і зміна швидкості накопичення вологи (рис.5)

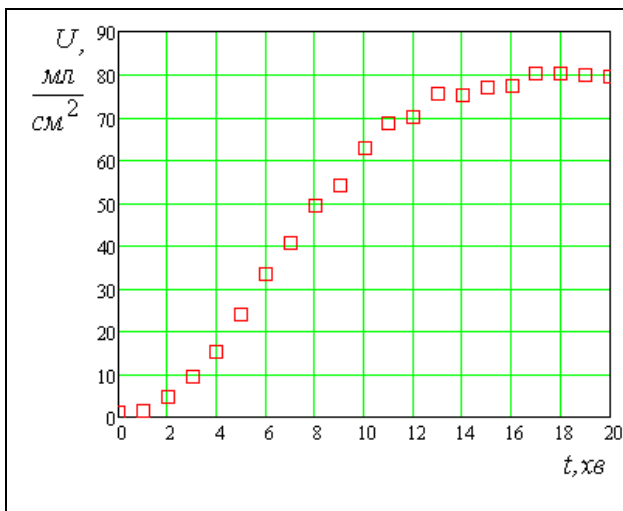


Рис.4. Зміна концентрації вологи в текстильному матеріалі від часу

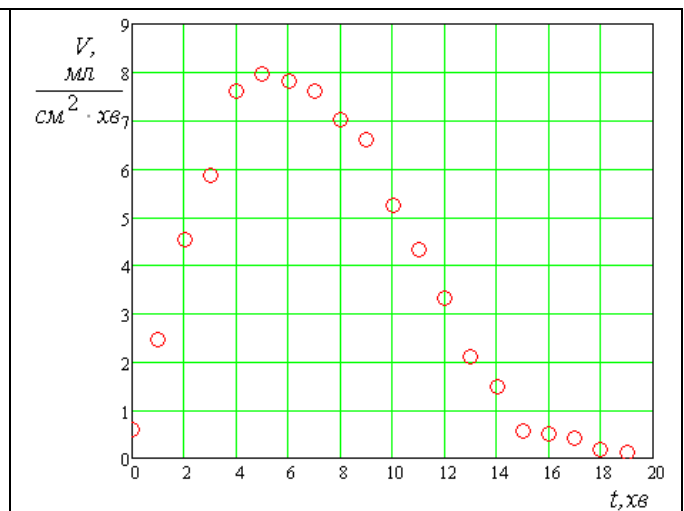


Рис.5. Швидкість збільшення концентрації вологи в матеріалі

Виходячи з результатів досліджень для моделювання мікропроцесів в текстильному матеріалі було використано диференційне рівняння дифузії у вигляді:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ D(U, x) \frac{\partial U}{\partial x} \right\},$$

а коефіцієнт дифузії може бути представлений як:

$$D(U) = D_0(1 + \sigma U)$$

де  $U$  – концентрація вологи в певній точці шару матеріалу;

$x$  – координата певної точки в певний момент часу;

$t$  – час;

$D$  – коефіцієнт дифузії;

$D_0$  – початковий коефіцієнт дифузії;

$\sigma$  – коефіцієнт нелінійності.

Використання методів математичного моделювання за допомогою тригонометричних і ступеневих рядів, врахування граничних і початкових умов дозволило одержати аналітичний розв'язок накопичення вологи в одношаровому матеріалі:

$$U(z, t) = 1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4 \cdot e^{-A(2i-1)t^B} \cdot \sin\left[\frac{(2i-1)\pi z}{2}\right]}{\pi(2i-1)},$$

а також залежність швидкості накопичення вологи від глибини і часу:

$$\frac{dU}{dt} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{\pi} A \cdot B \cdot e^{B-1} \cdot e^{-A(2i-1)t^B} \cdot \sin\left[\frac{(2i-1) \cdot \pi z}{2}\right],$$

де  $A$  і  $B$  – константи матеріалу

Одержання інтегральних залежностей для суцільного матеріалу дозволяє передбачати час комфортної роботи з огляду можливості накопичення вологи текстильним матеріалом, а також вибирати текстильні матеріали, спираючись на час комфортної роботи персоналу.

$$U(t) = \int_0^1 U(z, t) dz = 1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{8e^{-A(2i-1)t^B}}{\pi^2 \cdot (2i-1)^2},$$

$$v(t) = \frac{dU}{dt} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{8ABt^{B-1} e^{-A(2i-1)t^B}}{\pi^2 \cdot (2i-1)^2}.$$

На основі зіставлення результатів математичного моделювання з експериментальними даними, було зроблено висновок, що основними характеристиками повинні бути максимальна концентрація вологи в матеріалі  $U_{\max}$ , макси-

мальна швидкість накопичення вологи  $V_{\max}$ , максимальний час накопичення вологи  $t_{\max}$ , час, що відповідає максимуму швидкості  $t_b$ . (рис.6,7, Таблица 5)

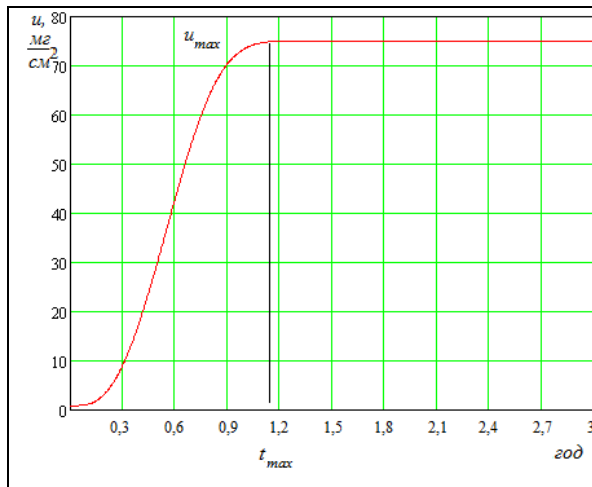


Рис.6 Накопичення вологи в матеріалі на основі моделі

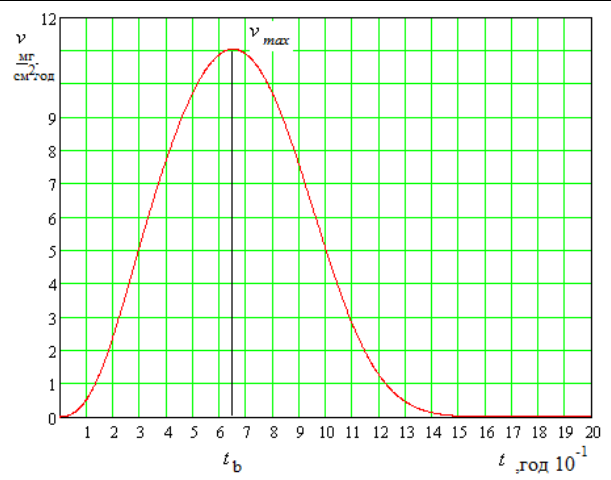


Рис.7 Швидкість зміни концентрації вологи на основі моделі

Таблица 5

Основні параметри тришарового матеріалу 1+2+3

Склад шарів)	(кількість)	$U_{\max}, \mu\text{l}/\text{cm}^2$	$t_{\max}, \text{h}$	$V_{\max}, \mu\text{l}/\text{cm}^2\text{h}$	$t_b, \text{h}$
1		75	1,5	11	0,65
2		50	1,8	6	1,2
3		55	1,6	4	0,87

На основі моделювання переходу вологи з одного шару матеріалу до іншого розроблений алгоритм визначення поглинання вологи в залежності від часу для багат шарових текстильних матеріалів з різними властивостями. Алгоритм було випробувано на різних комбінаціях матеріалів. Проведені дослідження по прогнозуванню властивостей багат шарових матеріалів, які показали значне зростання ефективності захисних властивостей.

Суть алгоритму складається в тому, що концентрація вологи на зовнішній поверхні попереднього матеріалу є вхідною величиною до визначення функції концентрації наступного матеріалу.

Даний алгоритм дозволяє побудувати функції зміни концентрації по товщині для будь-якої комбінації матеріалів (рис.8)

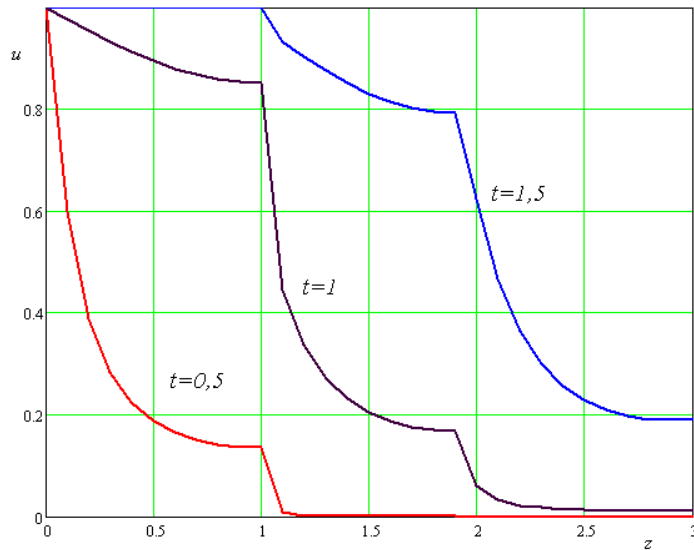


Рис.8 Зміна концентрації вологи по товщині матеріалів 1+2+3 для різних моментів часу

Інтегральні оператори дозволяють визначити загальні характеристики комплексного матеріалу (Рис.9,10, Таблиця 6)

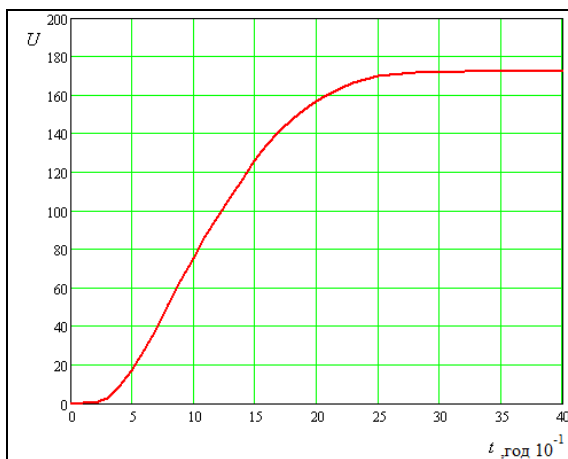


Рис.9 Зміна накопичення вологи в тришаровому матеріалі на основі мікромоделі



Рис.10 Зміна швидкості накопичення вологи в тришаровому матеріалі на основі мікромоделі

Таблиця 6

Характеристики тришарового матеріалу

Склад	$U_{\max}, \mu\text{l}/\text{cm}^2$	$t_{\max}, \text{h}$	$V_{\max}, \mu\text{l}/\text{cm}^2\text{h}$	$t_b, \text{h}$
1+2+3	176	3,2	13	0,7

Основний параметр, який ми контролюємо – час повного насичення вологою матеріалу, який фактично відповідає часу комфортної роботи в одязі з даних матеріалів. На рис.7 зображена діаграма зміни цієї величини при переході від одношарового матеріалу до двох і трьох шарового.

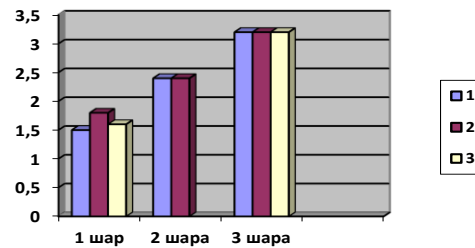


Рис.7 Зміна часу комфортної роботи в залежності від кількості шарів матеріалу

Таким чином, проведені дослідження дозволяють стверджувати, що оптимальним для виготовлення спеціального одягу матеріалом є застосування трьох шарового матеріалу, завдяки якому час комфортної роботи в одязі збільшується в 1,8-2,2 рази.



## ВИСНОВКИ

В роботі розкриті особливості та проведено дослідження технології виготовлення засобів індивідуального захисту (спецодягу) для працівників, які виконують роботи в умовах підвищеної температури. Для цього була змодельована задача відшукування закономірностей проходження вологи крізь текстильні матеріали, яка дозволяє прогнозувати час повного накопичення вологи в матеріалах. Результати досліджень дозволяють обрати оптимальний склад матеріалу та збільшувати час комфортної роботи в важких умовах.

Практичне значення результатів роботи полягає у тому, що вони дозволяють:

1. Правильно підібрати параметри текстильних матеріалів для розв'язання конкретних задач проектування одягу для працівників, що виконують роботи при підвищеній температурі (наприклад для пожежного бойового одягу).
2. Передбачати час комфортної роботи з урахуванням можливості накопичення вологи текстильним матеріалом при роботі в умовах підвищеної температури.
3. Вибирати текстильні матеріали, спираючись на час комфортної роботи працівників, що виконують роботи при підвищеній температурі.
4. Значно скорочувати час прогнозування характеристик багатошарових текстильних матеріалів при використанні математичних моделей.
5. Підбирати склад багатошарових текстильних матеріалів, виходячи з вимог комфортності одягу для працівників, що виконують роботи при підвищеній температурі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Городинский С.М., Глушко А.А., Орехов Б.В. Метод гигиенической оценки средств индивидуальной защиты человека. *Гигиена и санитария*. 1975. №8. С.62-66.
2. Гвозденко Л. А. Влияние оптического излучения производственных источников на состояние здоровья рабочих: материалы XI съезда гигиенистов УССР, Львов, 1986. С. 104–106.
3. Карнаух Н.Г. Интенсивность тепловой и физической нагрузки у рабочих горячих цехов в современном металлургическом производстве. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1983. №8. С. 24-27.
4. Шлейфман Ф. М. Материалы к гигиенической оценке теплового облучения. *Гигиена труда*. 1973. № 3. С. 12-15.
5. Тупчий Е.П., Шлейфман Ф.М. Теплоизоляция нагретых поверхностей как основное средство нормализации микроклимата горячих цехов сахарных заводов. В кн.: Гигиена труда. Киев. 1970. С. 23-29.
6. Витте Н.К. Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение. Киев: Здоровье, 1986.
7. Агарков Ф.Т. Протитепловий захист робітників у промисловості. Київ: Здоров'я, 1972.
8. Ажаев Н. А. К вопросу об определении температуры тела. *Гигиена и санитария*. 1974. № 7. С. 61 - 63.
9. Афанасьев Б.Г., Жестовский В.А. О роли электролитов в процессе адаптации человека к высокой температуре окружающей среды. *Военный медицинский журнал*. 1969. №7. С48-53.
10. Арутюнян Л. Г. Влияние микроклимата горячих цехов на некоторые физиологические функции и обменные процессы организма в условиях жаркого климата Армении: дис. ...д-ра техн. наук. Ереван, 1971.
11. Афанасьева Р.Ф. Тепловое состояние человека при эксплуатации различных электрообогреваемых предметов одежды. *Гигиена и санитария*. 1975. № 3. С 46-49.

12. Руководство по гигиене труда: [В 2 т.] / Под общ. ред. Н. Ф. Измерова. Москва: Медицина, 1987. Т.1. 368 с.
13. Руководство по гигиене труда: [В 2 т.] / Под общ. ред. Н. Ф. Измерова. Москва: Медицина, 1987. Т.2. 448 с.
14. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф. Гигиена одежды. Москва: Легпромбыт-издат, 1991.
15. Кокеткин П.П., Чубарова З.Ф., Афанасьева Р.Ф. Промышленное проектирование специальной одежды. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 184с.
16. Измеров Н.Ф. Физиолого-гигиенические требования к одежде для защиты работающих от пониженных температур и методы оценки ее теплоизоляции. *Медицина труда и промышленная экология*. 2001.№6. С. 27-30.
17. Колесников П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды. Москва: Легкая индустрия, 1971. 112с.
18. Скляников В.П., Афанасьева Р.Ф., Машкова Е.Н. Гигиеническая оценка материалов для одежды. Москва: Легпромбытиздат. 1985.
19. Русинова А.М. Производственная одежда. Москва: Легкая индустрия. 1974. 160с.
20. Yoneda M., Mizuno Y., Yoneda J. Measurment of water absorption perpendicular to fabric plane in two- and multi-layered fabric systems //Textile Res. J. – 1993. – №29(12). p. 940–949.
21. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галёркина. Москва: Мир. 1988. 158 с.