

3. Гаркавенко С.С. Математичне моделювання асортименту виробів зі шкіри з використанням фіктивних змінних // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 4 (137). – С.53-57.
4. Гаркавенко С.С. Метод формування структури асортименту взуття на основі ANCOVA-моделі // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 5 (130). – С.178-182.

Надійшла 17.07.2010

УДК 159.938

СТАТИЧНА ЕЛЕКТРИКА І ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ЛЮДИНИ

Ю.В. ГІЛЕВІЧ

Державне підприємство всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту
прав споживачів, Київ

В.А. СОЛОГУБ

Приватне акціонерне товариство «ІНСТИТУТ ПАПЕРУ», Київ

А.Ю. РОМАСЬ

Київська обласна клінічна лікарня

В.П. КОНОВАЛ

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ

У статті коротко розглядається методика оцінки впливу на людину електростатичних полів у динамічних умовах та можливість їх зменшення з застосуванням спеціального взуття.

Доведено [1-5], що статична електрика, як фактор середовища, впливає на психофізіологічний стан людини. Це стосується як виробництва, так і побуту. Електростатичні поля, які в одних випадках є фактором прогресивних технологічних прийомів, а в інших – супутнім фактором сучасних технологічних процесів, впливають на організм людини, яка перебуває в сфері їх дії. Про вплив статичної електрики на людину було відомо ще в глибоку давнину. Навіть були спроби використання статичної електрики в практичній медицині.

Об'єкти та методи дослідження

Метою цієї роботи є дослідження впливових факторів на процес осідання на тіло людини частинок, що витають у повітрі, а також уточнення методики оцінки впливу на людину електростатичних полів у динамічних умовах. Поставлену задачу передбачається вирішити за допомогою певних методичних прийомів.

Постановка завдання

Медико-біологічні проблеми статичної електрики вивчалися цілим рядом авторів [1-7]. Дослідженнями як вітчизняних, так і зарубіжних вчених встановлено достовірне підвищення загальної захворюваності респіраторними захворюваннями, хворобами серцево-судинної і нервової систем в осіб,

які тривалий час перебували під дією електростатичних полів. Люди, які працюють у сфері дії таких полів, відчувають постійний страх від можливих розрядів статичної електрики. Наелектризована людина є своєрідним конденсатором і створює навколо себе електростатичне поле, яке інтенсифікує процес осідання на тілі людини пилових частинок, аерозолів, спор грибів, бактеріальних забруднень, продуктів розпаду радону тощо.

Результати та їх обговорення

Виходячи з фізичних уявлень, проведені математичні розрахунки, що описують процес осідання із повітря різних частинок під дією поля електростатичних зарядів, накопичених на тілі людини. На основі аналізу результатів власних спостережень і літературних даних показана необхідність уточнення підходів до вивчення механізму впливу електростатичних полів у динамічних умовах. В переважній більшості випадків частинки, що знаходяться в повітрі, несуть на собі електричні заряди, які можуть виникати в різний спосіб. Сила, яка діє на заряджену частинку визначається за законом Кулона [9] і пропорційна добутку величини заряду і напруженості електростатичного поля:

$$F = qE = neE \quad (1)$$

де e – заряд електрона; n – кількість зарядів; E – напруженість електростатичного поля.

Сила земного тяжіння для частинки, що знаходиться в сфері дії електростатичного поля, несумірна із силою кулонівського притягання і практично не впливає на переміщення пилинок. Під час переміщення пилинок кулонівській силі протидіє сила, зумовлена в'язкістю середовища (повітря). Ця сила визначається за формулою:

$$F = 6\pi r \eta v \quad (2)$$

де r – умовний радіус пилинки; η – динамічна в'язкість повітря; v – швидкість міграції пилинки.

Рух $\pi = 3,14$ завислої в повітрі, частинки під дією електростатичного поля можна описати за допомогою другого закону механіки:

$$m \frac{dv}{dt} = qE - 6\pi r \eta v \quad (3)$$

де m – маса частинки; $q = en = 4\pi\epsilon_0(3Er^2)$ – заряд частинки; E – напруженість електростатичного поля, яка діє на частинку; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ } \delta / \text{ } i$ – діелектрична проникність повітря;

Інтегруючи вираз (3), одержимо:

$$v = \frac{qE}{6\pi r \eta} \left[1 - \exp\left(-\frac{6\pi r \eta}{m} t\right) \right] \quad (4)$$

Якщо кінематичну в'язкість повітря прийняти рівною $\eta = 8,18 \cdot 10^{-4} \text{ } \dot{I} \dot{a} \cdot \dot{n}$, а радіус пилової частинки $r = 10^{-12} \text{ } i$, то експоненційною частиною виразу (4) можна знехтувати і вираз матиме вигляд:

$$v = \frac{2\epsilon_0 E^2 r}{\eta} \quad (5)$$

Аналіз виразу (5) показує, що визначальним фактором швидкості пилової частинки, яка знаходиться в повітрі під дією електростатичного поля, є напруженість цього поля. Картина силових ліній напруженості поля електростатичних зарядів чи потенціалу залежить від багатьох факторів, в тому

числі і від ситуаційної схеми розташування людини, відстані, величини накопиченого на тілі людини заряду, виду одягу, взуття та інших факторів.

На рисунку 1 показано графік залежності напруженості електростатичного поля манекена наелектризованої людини від відстані до його поверхні за різної величини накопиченого заряду.

Як видно з графіків, силове електростатичне поле простягається на значну відстань від поверхні манекена. У тому випадку, коли не наелектризована людина пересувається в межах простору, заповненого пилинками чи бактеріями, вона стикається і набирає на себе тільки ті з них, які знаходяться в об'ємі, визначеному антропометричними характеристиками людини. Якщо ж людина наелектризована і створює навколо себе електростатичне поле, інтенсивність осідання на її тілі пилинок, бактерій, продуктів розпаду радону та іншого значно зростає, оскільки збільшується об'єм повітря, з якого частинки притягуються до поверхні тіла людини.

Дослідженнями, проведеними Шведським національним інститутом радіаційного захисту на робочих місцях з відео дисплейними терміналами, встановлено вплив електростатичного поля на інтенсивність осідання продуктів розпаду радону на обличчі оператора (манекена). В річному обчисленні та за концентрації радону в повітрі 100 Бк/м³ доза радіації зростає приблизно на 50-60 % [8].

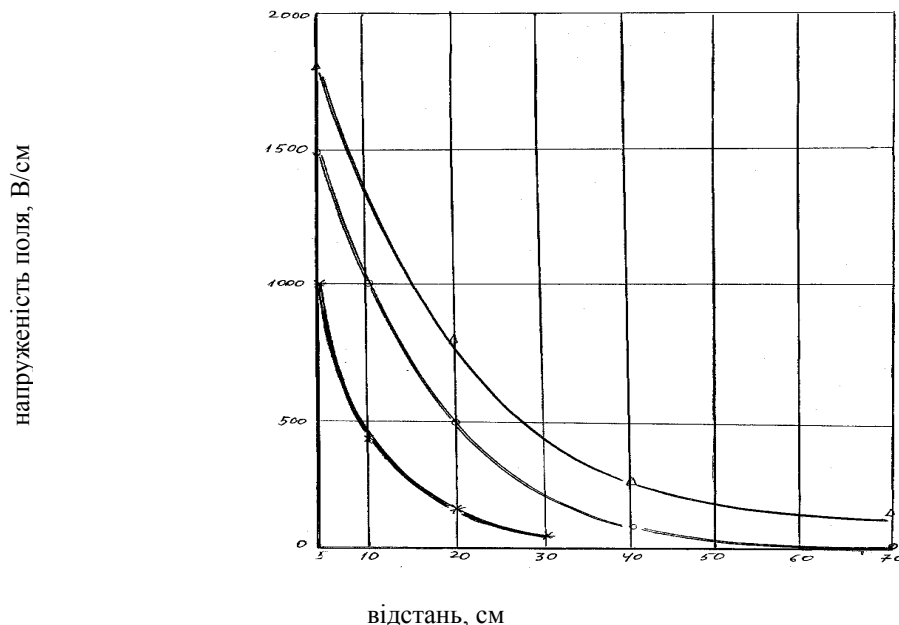


Рис.1 Графік залежності напруженості електричного поля від відстані до манекена наелектризованої людини

Знаючи концентрацію конкретних частинок в робочій зоні, можна орієнтовно визначити кількість частинок, які осядуть на тілі та одязі людини, за формулою:

$$N = kV\tilde{n}v t \quad (7)$$

де k – коефіцієнт осідання частинок; V – об'єм повітря, з якого частинки притягуються до тіла людини; \tilde{n} – концентрація частинок у повітрі; v – швидкість руху частинок; t – тривалість перебування людини в запиленій зоні.

Підставляючи значення швидкості пересування частинок із формули (5), отримаємо:

$$N = kVc \frac{2\varepsilon_0 E^2}{\eta} r \cdot t \quad (8)$$

Якщо припустити, що в умовах виробництва чи виконання технологічних операцій площа відкритої частини тіла людини, на якій можуть осідати шкідливі та небезпечні частинки складає приблизно 35 % від усієї площі тіла і прийнявши коефіцієнт осідання частинок k рівним 0,5, то формулу (8) можна представити у вигляді:

$$N = 0,175 \frac{\varepsilon_0 E^2}{\eta} rVct \quad (9)$$

Під час користування формулою (9) необхідно брати до уваги те, що величина об'єму V залежить як від антропометричних характеристик людини, так і від величини напруженості електростатичного поля. Крім того, слід зауважити, що формула (9) враховує тільки електростатичні сили, які впливають на адгезію частинок до поверхні тіла людини, оскільки, як стверджують деякі автори [10], інші типи сил мають незначний вплив.

Аналіз формули (9) дозволяє зробити висновок, що для зменшення кількості пилових частинок, мікроорганізмів та іншого, які осідають на тілі людини, в першу чергу необхідно зменшувати напруженість електростатичного поля тіла людини або зводити до мінімуму концентрацію пилу і мікроорганізмів в робочих зонах. Досягти цього можна різними способами, наприклад, застосуванням антиелектростатичного взуття в комплексі з антиелектростатичної підлогою, застосуванням аероіонізацію повітря в приміщенні. Попередні дослідження застосування аероіонізації повітря в читальному залі Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського показали, що число мікроорганізмів в повітрі зменшувалося на 50 % [11].

Те, що наелектризована людина інтенсивніше збирає пилинки і мікрофлору повітря необхідно враховувати, особливо в умовах розповсюдження хвороботворних вірусів і бактерій повітряно-крапельним шляхом. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я близько 70% внутрішньолікарняних інфекцій розповсюджуються повітряно-крапельним шляхом. Влаштування антиелектростатичних підлог і використання взуття з антиелектростатичними властивостями, наприклад, в операційних відділеннях, служить не тільки захистом від можливих вибухів парів легкозаймистих рідин, але й для запобігання розповсюдження хвороботворних бактерій. Вимоги захисту від статичної електрики знайшли своє відображення і в стандартах на медичне обладнання, наприклад, операційні столи [12].

В своїй роботі автори хотіли звернути увагу на ще один аспект негативного впливу статичної електрики, який проявляється в динаміці, а саме під час переміщення (ходіння) наелектризованої людини. Як показано вище, між ступнями людини і підлогою зосереджена основна складова електричної ємності людини відносно землі. Тут же зосереджено основне електричне поле. Під час крокування або зміни опори ніг в статистиці зменшується електрична ємність відносно землі. Якщо вважати, що кількість зарядів на тілі людини не змінюється, то зміна електричної ємності стоп людини відносно землі приведе до перетікання зарядів до електричної ємності то однієї, то іншої ноги. Шлях струму перетікання зарядів через тіло людини для цього випадку проходить через ноги і тазостегнову частину тіла людини. Частота струму перетікання залежить від темпу ходіння і знаходиться в межах 1-1,5 Гц. Як стверджують вчені

[13], клітини тіла людини являють собою електричну систему і майже всі її функції контролюються електричними зарядами.

Оскільки як окрема клітина, так і вся нервова система керуються з допомогою електричних імпульсів, в них течуть струми й існують електричні потенціали, то поява струмів стороннього походження, зокрема струмів перетікання, може викликати перешкоди в роботі клітин і всієї нервової системи. Локальна дія струмів перетікання може викликати порушення роботи і центральної нервової та обмінної системи людини. Встановлено [13], що для людини характерні біоритми мозку з частотою в герцах, а саме: дельта-ритм (0,5-3), тета-ритм (4-7), альфа-ритм (8-13), бета-ритм (14-35) і гама-ритм (36-55). Є й деякі інші ритми, які мають нерегулярний характер. Всього нараховується більше 300 ритмів [13]. Відомо [13], що дія на людину штучних магнітних полів з частотою до 5 Гц приводила до погіршення психофізіологічного стану людини, а саме: появи головного болю, почуття тривоги, кволості і т.п. Поява такого зовнішнього фактору як струм перетікання з частотою 1-1,5 Гц може привести до десинхронізації біоритмів мозку та порушення життєвих циклічних процесів.

Відомо, що електростатичні поля, які супроводжують деякі технологічні процеси, негативно впливають на стан здоров'я людей і часто призводять до порушень, наприклад, менструального циклу [3] та репродуктивної функції жінок [4]. За даними вчених [13], електромагнітні поля викликають зміни електричного стану крові, приводять до зменшення числа легких іонів і до збільшення вмісту іонізованого кальцію. На нашу думку, збільшення вмісту іонів кальцію в складі крові може відбуватися за рахунок вимивання їх із кісткової тканини. Ці процеси, викликані дією електромагнітних полів, можуть приводити до зменшення механічної міцності кісток і їх деформації та захворювання суглобів. Є навіть припущення, що електростатичні поля можуть викликати розпад молекул ДНК [5]. Про можливі наслідки такого впливу можна тільки здогадуватися.

Автори вищезгаданих публікацій розглядають вплив на людину постійного електростатичного поля. На нашу думку, суттєвий вплив на організм людини справляє не тільки і не стільки електростатичне поле, змодельоване в експериментах і виміряне у виробничих умовах, а й ті процеси, які виникають в динаміці під час переміщення наелектризованої людини, зокрема струми перетікання.

Як у виробничих, так і в побутових умовах людина може займати різне ситуаційне положення по відношенню до наелектризованих і заземлених предметів. Тому ланцюжки струмів перетікання через тіло людини можуть бути різними. Ці процеси з різних причин на сьогодні вивчені недостатньо. Об'єднання зусиль вчених різних галузей: медицини, фізики, екології та інших - на вивчення впливу статичної електрики і, породжених нею струмів перетікання на нервову систему і здоров'я людини допоможе розробити заходи щодо покращення психофізіологічного стану людей.

Висновки

На основі фізичних уявлень і математичних розрахунків показано, що для зменшення інтенсивності осідання на тілі людини пилових частинок, аерозолів і хвороботворних бактерій необхідно відводити електростатичні заряди з тіла людини, наприклад, з допомогою антиелектростатичного взуття в комплексі з антиелектростатичним покриттям підлоги.

Відведення з людини електростатичних зарядів може служити одним із методів профілактики розповсюдження вірусних захворювань, особливо в місцях скупчення людей.

Висловлено припущення про можливі негативні наслідки струмів перетікання на здоров'я людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Портнов Ф.Г. Медико-биологические аспекты проблемы статического электричества. – В кн.: Проблемы клинической биофизики. Сборник трудов. Рижский мединститут. – Рига, – 1972.
2. Станкевич К.И. и др. Статическое электричество как гигиенический фактор при применении строительных материалов. «Гигиена и санитария», – 1972. – №8, – с. 31-34.
3. Костючек Д.Ф. Изучение влияния статического электрического поля на менструальную функцию. Факторы внешней среды и человек. Л.: ЛСГМИ, – 1977, т. 116, с. 34–35.
4. Кузавова Н.И. Влияние статического электрического поля на репродуктивную функцию женщин. – Факторы внешней среды и человек. – Л.: ЛСГМИ, – 1977, т. 116, с. 35–36.
5. Hill T. Some possible biological effects on electric fields acting on nucleic acids or protein. J. Amer. Chem. Soc., – 1958. – № 8, – p. 2142 – 2147.
6. Majzyski Henrik, Zukaszczyk Maciej. Wplyw elektroczosci statycznej na organizm czloweka. Bezpieczen., p.r. – 1977. – № 4, – с. 4 – 7.
7. Marble Allan E., Mac Donald A., Carl Mc Vicar Daniel, Robert Alecs. A measurement of the electrostatic voltage, capacitance and energy storage characteristics of the human body. – Physics Med. and Biol., – 1977. – № 2, – p. 365 – 367.
8. Видеодисплейные терминалы и здоровье пользователей. Всемирная организация здравоохранения. Офсетная публикация ВОЗ. – Женева, – 1989. – № 99, – 150 с.
9. Тенесеску Ф., Крамарюк Р. Электростатика в технике. Перевод с румынского под ред. А.А. Обуха., – М.: Энергия, – 1980, – 296 с.
10. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смилга В.Г. Адгезия твердых тел., – М.: Наука, – 1973, – 279 с.
11. Сологуб В.А., Омельченко М.М. Аероіонізація повітря та її вплив на фізичне збереження бібліотечних фондів. Наукові праці національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського. Вип. 17, – К.: – 2007. – с. 21– 25.
12. ГОСТ 26161-89 Столы операционные. Общие технические требования и методы испытаний.
13. Мизун Ю.Г., Хансулин В.И. Наше здоровье и магнитные бури. – М.: Знание. – 1991. – 192 с.

Надійшла 17.07.2010