

ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ

Антонюк В.С., Мережаний Ю.Г. (Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна)

Анотація: Розглянуті основні параметри мікроклімату виробничого приміщення, призначеного для прецизійного складання гіроскопічних приладів та систем, проведено аналіз потенційного впливу цих параметрів на якість проведення механоскладальних операцій, запропоновано систему підтримки параметрів мікроклімату

Ключеві слова: мікроклімат, гіроскопічний прилад, система керування

Вступ. Найбільш важливою причиною, що впливає на точність гіроскопічного приладу, є стан опор ротора, оскільки інші елементи приладу не дають такого впливу на зниження точності. Порушення в роботі головних опор може впливати на зміщення центра мас гіромотору, збільшувати динамічну нерівновагу і вібрацію ротора, збільшувати потужність яку споживає гіромотор [1]. В той же час, похибки допущенні при складанні гіроприладів, суттєво впливають на їх точність та надійність [2].

При проведенні механоскладальних робіт суттєвий вплив на якість продукції, що випускається, дає мікроклімат виробничого приміщення. В першу чергу це запиленість повітря, температура та вологість повітря. Пил може потрапляти в відповідальні елементи гіроскопічних приладів і різко погіршувати або зовсім порушувати їх роботу. Висока вологість повітря, а особливо конденсація вологи, прискорюють корозію деталей приладів і знижують міцність електричної ізоляції між струмонесучими деталями. Низька вологість повітря збільшує зношування щіток і кілець контактних пристроїв. Зміна температури впливає на лінійні розміри деталей, жорсткість окремих елементів конструкції, опір електричних провідників і магнітопроводів. При зміні температури можуть деформуватись окремі деталі конструкцій приладів із-за нерівномірних внутрішніх напружень. При низьких температурах, внаслідок зменшення зазорів в зчленуваннях і підвищення в'язкості мастила, можуть значно підвищуватись моменти тертя в опорах і навіть може відбутись заклинення механізму.

Чистота повітря виробничого приміщення пов'язана з генерацією аерозольних забруднень, що виділяється технологічним устаткуванням і працюючим персоналом. Чим більше людей перебуває в виробничому приміщенні, чим активніші дії, що виконує персонал, чим гірше якість використовуваного одягу, тим вище ступінь забруднення повітря. Людина, що працює у приміщенні, може в середньому генерувати у хвилину близько $2 \cdot 10^6$ часток розміром $\geq 0,5$ мкм і близько 300000 часток розміром $\geq 5,0$ мкм. Якщо ж людина одягнена в спеціальний одяг, то середня генерація часток пилу розміром $\geq 0,5$ мкм і $\geq 5,0$ мкм за хвилину скоротиться на 50 та 88 відсотків відповідно. Генерація часток пилу технологічним обладнанням досягає декількох мільйонів часток розміром $\geq 0,5$ мкм за хвилину [3].

Метою роботи є розробка системи керування параметрами мікроклімату в складальних цехах прецизійного гіроскопічного виробництва, що забезпечує якість та надійність виготовлення приладів та систем орієнтації і навігації.

Вирішення поставленої задачі. Забезпечення якості прецизійних механоскладальних та регулювальних робіт можливе лише при дотриманні технічних вимог технологічного процесу складання з створенням відповідного технологічного середовища. Для вирішення поставленої задачі забезпечення якості і надійності

прецизійних приладів та систем запропоновано математичну модель технологічного середовища виробничого приміщення складальної ділянки прецизійних приладів. При розробці математичної моделі мікроклімату виробничих приміщень бралися до уваги наступні задачі: розрахунок потоку повітря всередині приміщення з розміщеним у ньому обладнанням, перегородок, джерел тепла, вологи і забруднень; розрахунок розподілення температури в приміщенні; розрахунок розподілення вологості в приміщенні; розрахунок потоків розповсюдження та концентрації забруднень в приміщенні. В основу математичної моделі мікроклімату виробничих приміщень складальної ділянки прецизійного виробництва з підвищеним «класом чистоти» покладено систему нестационарних рівнянь Нав'є-Стокса, рівнянь переносу тепла, вологи та концентрації забруднень [4]:

$$\begin{aligned}\frac{du_1}{dt} &= \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial x_3}, \\ \frac{du_2}{dt} &= \frac{\partial p}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{21}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial x_3}, \\ \frac{du_3}{dt} &= \frac{\partial p}{\partial x_3} + \frac{\partial \tau_{31}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{32}}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{33}}{\partial x_3} + g\beta\theta, \\ \frac{du_1}{\partial x_1} + \frac{du_2}{\partial x_2} + \frac{du_3}{\partial x_3} &= 0, \\ \frac{d\theta}{dt} &= \frac{L}{C_p} \Phi + \frac{\partial H_1}{\partial x_1} + \frac{\partial H_2}{\partial x_2} + \frac{\partial H_3}{\partial x_3} + J_\theta, \\ \frac{dq}{dt} &= -\Phi + \frac{\partial P_1}{\partial x_1} + \frac{\partial P_2}{\partial x_2} + \frac{\partial P_3}{\partial x_3} + J_q, \\ \frac{dc}{dt} &= \frac{\partial C_1}{\partial x_1} + \frac{\partial C_2}{\partial x_2} + \frac{\partial C_3}{\partial x_3} + J_c,\end{aligned}$$

де x_i ($i = 1,2,3$) – декартові координати; u_i – компоненти швидкості; t – час; p – тиск;

ρ – густина повітря; θ – температура, що відраховується від середнього значення $\bar{\theta}$; T – абсолютна температура повітря; q – питома вологість; c – об'ємна концентрація домішок; J_θ, J_q, J_c – штучні джерела тепла, вологи і забруднюючих домішок; δ_{ij} – символ Кронекера; $\nu_u, \nu_\theta, \nu_q, \nu_c$ – коефіцієнти кінематичної в'язкості, температуропровідності, дифузії вологи і домішок; Φ – швидкість формування рідкої фази; L – прихована теплота конденсації (або сублімації); q_n – питома вологість насичення; g – прискорення вільного падіння; β – коефіцієнт об'ємного теплового розширення.

Вважаючи, що $\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u_j \frac{\partial}{\partial x_j}$ і враховуючи відносно малі розміри розрахункової області, при проведенні числових експериментів можна враховувати, що $u_1 = u_2 = u_3 = \theta = q = c = 0$ при $t = t_0$.

Граничні умови при цьому будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
& u_n = 0, u_\tau = 0, \\
& \theta = \theta_n \text{ або } (v_\theta + k_H) \frac{\partial \theta}{\partial n} = \tau_0, \frac{\partial q}{\partial n} = 0, \frac{\partial c}{\partial n} = 0, \quad (\text{для твердої поверхні}) \\
& u_\tau = 0, u_n = u_{in}, v = \theta_{in}, q = q_{in}, c = c_{in}, \quad (\text{на вході потоку в розрахункову область}) \\
& u_\tau = 0, u_n = u_{out}, \frac{\partial \theta}{\partial n} = \frac{\partial q}{\partial n} = \frac{\partial c}{\partial n} = 0, \quad (\text{на виході потоку з розрахункової області})
\end{aligned}$$

де u_τ , u_n – нормальна і дотична складові швидкості; θ_n – температура на поверхні; τ_θ – тепловий потік; нижніми індексами *in* або *out* супроводжуються параметри на вході потоку в розрахункову область або виходу з неї.

На основі математичної моделі розроблено систему керування мікрокліматом виробничого приміщення (рис. 1).

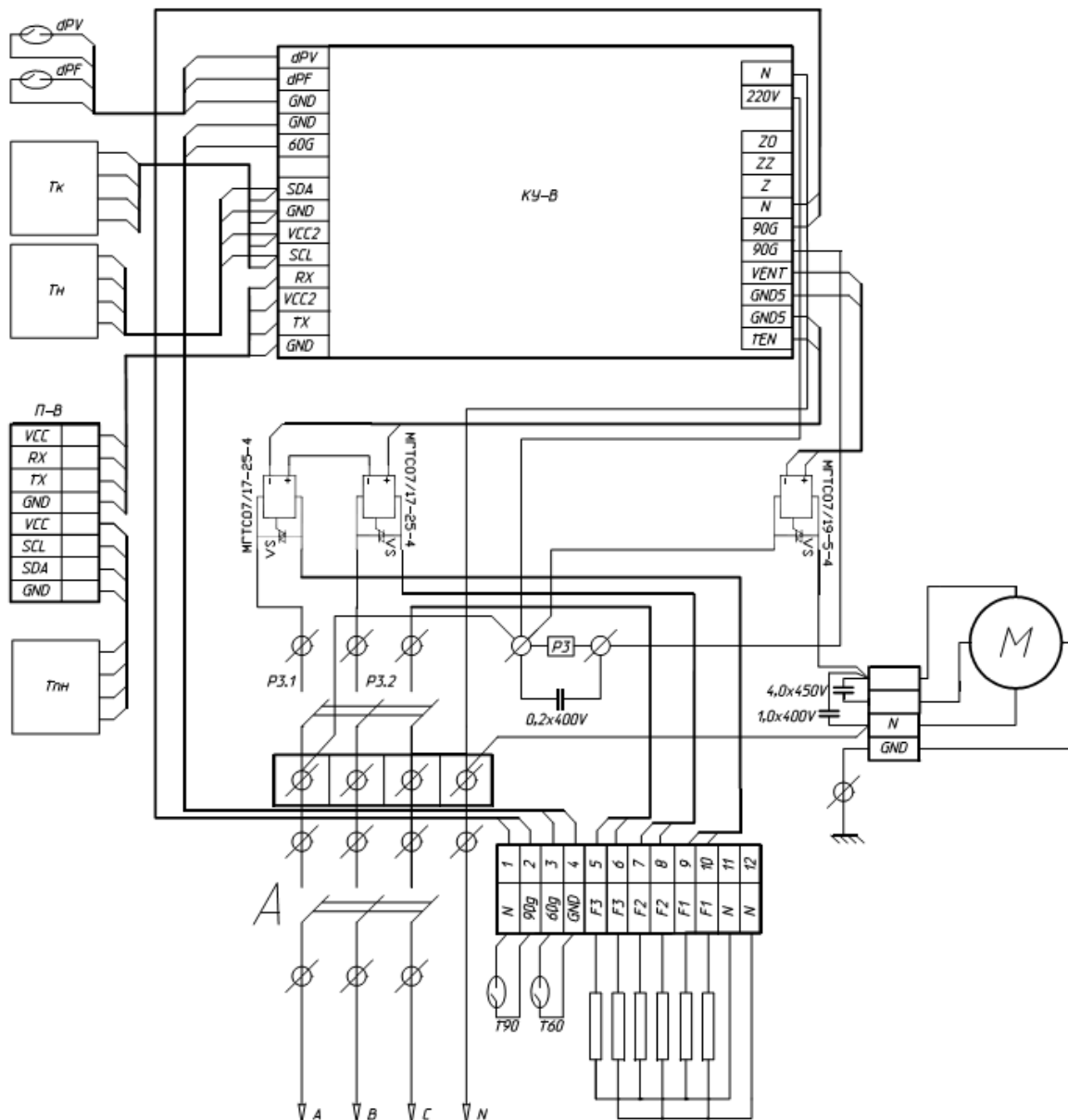


Рис. 1. Системи керування мікрокліматом виробничого приміщення

Система керування складається з контролера управління вентиляцією (*KV-B*), пульта управління вентиляцією (*П-B*) та силового блоку, що включає симістори (*МГТСО*), автомат (*A*) і реле (*P3*). Для контролю параметрів мікроклімату в систему включено датчики температури та датчики захисту теплового електронагівача (*ТЕН*) від перегріву, розраховані на 60°C (*T60*) і 90°C (*T90*). Для контролю стану роботи вентилятора (*M*), що нагнітає повітря в приміщення, та контролю ступеня засміченості НЕРА фільтру тонкої очистки повітря використовуються датчики вимірювання перепаду тиску.

Очищення приточного повітря реалізоване шляхом використання НЕРА фільтрів, що очищують потік повітря який нагнітається вентилятором (*M*). Контроль роботи вентилятора та забруднення НЕРА фільтрів виконує контролер (*KV-B*), який опитує датчик різниці тиску вентилятора (*dPV*), та датчик різниці тиску фільтра (*dPF*). Якщо різниця тиску на датчиках (*dPV* і *dPF*) не відповідає заданим параметрам, то контролер (*KV-B*) видає сигнал на зупинку роботи системи. Додатково система має функцію підігріву повітря для регулювання температури в приміщенні у холодний та перехідний періоди року. Нагрів повітря виконується теплоелектричним нагрівачем (*ТЕН*). Контролер (*KV-B*) опитує відповідні датчики температури – датчик зовнішньої температури (*Tн*), датчик температури вентиляційного каналу (*Tк*) та датчик температури в приміщенні (*Tпн*). Точне налаштування потужності роботи *ТЕН* виконується за допомогою використання широтно-імпульсного модулятора та порозрядного регулювання. Керування роботою системи виконується за допомогою пульта керування вентиляцією (*П-B*).

Ефективність запропонованої системи досягається при умові організації вентиляційних каналів складального приміщення таким чином, аби забезпечити ламінарний потік повітря через все виробниче приміщення. Це можливо при використанні спеціалізованих чистих виробничих приміщень (модульних або стаціонарних), побудованих по типу боксів або мікробоксів, що розміщуються всередині механоскладального цеху, але відокремлені від більш «брудних» виробничих зон спеціальними перегородками, які виконуються функцію захисту «чистого» складального приміщення від часток пилу, вологи, та перепадів температури. В разі дотримання зазначених вимог дана система забезпечує чистоту виробничого приміщення у відповідності до класу чистоти 6 ISO [5], що є достатнім для проведення прецизійних операцій складання та регулювання гіроскопічних приладів та систем.

Висновки. Ресурс роботи деталей прецизійних механізмів, зокрема механізмів, що використовуються в приладах систем орієнтації і навігації, суттєво залежить від параметрів мікроклімату виробничого приміщення, таких як температура, вологість повітря і особливо запиленість повітря. При прецизійному складанні гіроскопічних приладів, наявність часток пилу, що потрапляють в елементи рухомих конструкцій приладів, значно погіршує їх експлуатаційні характеристики, а в деяких випадках може приводити до виходу приладів та їх елементів з ладу. Для забезпечення точності і стабільності характеристик прецизійних гіроприладів пропонується використовувати спеціальні «чисті» бокси або мікробокси разом з розробленою системою, яка підтримує параметри технологічного середовища виробничого приміщення на заданому рівні.

Список літератури: 1. Гироскопические системы, ч. III. Элементы гироскопических приборов. / [Никитин А.Е., Шестов С.А., Матвеев В.А.]; под ред. Д.С.

Пельпора. – М.: «Высш. школа», 1972. – 472 с. с илл. **2.** Павловский М.А. Влияние погрешностей изготовления и сборки гироприборов на их точность. / Михаил Антонович Павловский. – К.: Издательство Киевского университета, 1973. – 192 с. **3.** Проектирование чистых помещений. / Под. ред. В. Уайта., пер. с англ. [Алексашин О.Ф., Балаханов М.В., Власенко В.И. и др.]; под ред. В.И. Калечица. – М.: изд. «Клинрум», 2004. – 360 с. **4.** Сарманаев С.Р., Десятков Б.М., Бородулин А.И., Ярыгин А.А. Описание пакета прикладных программ для моделирования микроклимата внутри помещений. // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2003. – Том VI, №4(16). – С. 94-110. **5.** Cleanrooms and associated controlled environments – Part 1: Classification of air cleanliness. (ISO 14644-1, IDT): ISO 14644-1:1999. – [Чинний від 1999-05-01]. – USAINFO.COM.: COPYRIGHTED MATERIAL LICENSED TO NASA, 1999. – I, 24 с. – (Міжнародний стандарт).

ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ РАБОТ

Антонюк В.С., Мережаный Ю.Г.

(Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина)

Аннотация: Рассмотренные основные параметры микроклимата производственного помещения, предназначенного для прецизионного составления гироскопических приборов и систем, проведен анализ потенциального влияния этих параметров на качество проведения механосборочных операций, предложена система поддержки параметров микроклимата.

Ключевые слова: микроклимат, гироскопический прибор, система управления

PARAMETERS OF THE MICROCLIMATE AND THEIR INFLUENCE ON QUALITY OF CARRYING OUT OF PRECISION MACHINE-ASSEMBLING WORKS

V. Antonjuk, Y. Merezhanay

(National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine)

Abstract: Considered key parameters of a microclimate of the industrial room intended for precision drawing up of gyroscopic devices and systems, the analysis of potential influence of these parameters on quality of carrying out of machine-assembling operations is carried out, the system of support of parameters of a microclimate is offered.

Keywords: microclimate, the gyroscopic device, the control system

Надійшла до редколегії 24.06.2011 р.