0513.0-082.110.51-5-04+ТК108.8-5

УДК 625.712.2(045)

контроль дистанционный, ВВП
датчик гідростатический пневмометр
контроль технического состояния
датчик глубины

Ю.М. Кривенко, канд. техн. наук, доц.
(Національний авіаційний університет)

ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ НА ПОКАЗНИКИ ГІДРОСТАТИЧНОГО ДАТЧИКА ГЛИБИНИ ШАРУ ВОДИ НА ЗЛІТНО-ПОСАДКОВИХ СМУГАХ

Показано, що вплив хімічних домішок на гідростатичний пневмометричний датчик глибини шару води значно менший, ніж на електричний датчик. Запропоновано формулу розрахунку змін поверхневого натягнення рідини. Розглянуто вплив на роботу датчика хімреагенту-карбаміду, який використовують при ожеледиці.

Дистанційний контроль стана поверхні злітно-посадкових смуг (ЗПС), завдяки якому суттєво підвищується безпека і регулярність польотів та зменшуються витрати на підготовку аеродрому, значною мірою залежить від наявності й точності показань датчиків глибини шару води на покриттях аеродрому.

Запропонований у Національному авіаційному університеті гідростатичний пневмометричний датчик глибини шару води, який на відміну від електричних датчиків, використовуваних у США і деяких інших країнах, має лінійну характеристику, що практично не залежить від температури, глибини і хімічного складу води на ЗПС [1; 2].

Згідно з діючими нормативами на ЗПС висота шару води повинна визначатися до 10 мм [3; 4]. Спостереження за рухом літаків в аеропорту Парижу Орлі показують, що глісування літака можливе по рівній поверхні при глибині 0,7 мм (у СНД спостерігалося глісування при h = 2–4 мм).

Основна залежність показань гідростатичного пневмометричного датчика на ЗПС має вигляд [5]:

$$P = \rho g(h + h_к + h_б), \qquad (1)$$

де P – тиск, фіксований дифманометром; ρ – густина рідини; h – визначувана глибина шару води на ЗПС (рис. 1); $h_к$ – висота капілярного підйому рідини в трубці датчика; $h_б$ – висота бульбашки.

Для гідростатичного рівнеміра тиск вдування повітря в рідину $P = \rho gh$ залежить тільки від густини рідини, яка від наявності хімічних домішок на поверхні ЗПС практично не змінюється.

В електричному датчику на відміну від гідростатичного навіть незначні зміни хімічного складу рідини суттєво впливають на його роботу [6]. Практично не змінюється густина рідини і зі зміною температури. У той же час зміна температури рідини значною мірою впливає на роботу електричних датчиків [6].

Другу складову тиску в рівнянні (1) $h_к = 4\sigma / \rho gD$, де σ – поверхневе напруження рідини, у запропонованого для ЗПС датчика вдалося зменшити завдяки суттєвому збільшенню діаметра трубки (рис. 1) – над нею встановлений ковпачок діаметром D.

Основний вплив зміни хімічного складу рідини пов'язаний із третьою складовою рівняння (1) – з висотою бульбашки $h_б$. У роботі [7] показано, що висоту бульбашки або пов'язаний із нею тиск під ковпачком при виході повітря в рідину можна оцінити згідно з законом Лапласа рівнянням

$$h_б^3 + Dh_б^2 - \frac{8\sigma}{\rho g}h_б - \frac{4\sigma D}{\rho g} = 0. \qquad (2)$$

Для визначення впливу σ на $h_б$ при зміні хімічного складу рідини запишемо рівняння (2) так:

$$h_б^2(h_б + D) = \frac{4\sigma D}{\rho g}(2h_б + D). \qquad (3)$$

З рівняння (3) випливає, що при зміні поверхневого напруження рідини σ від σ_1 до σ_2 висота бульбашки $h_б$ теж зміниться згідно з залежністю

$$\frac{h_{б2}}{h_{б1}} = \sqrt{\frac{\sigma_2\rho_1}{\sigma_1\rho_1}\,\frac{(2h_{б,2}+D)}{(h_{б,2}+D)}\,\frac{(h_{б,1}+D)}{(2h_{б,1}+D)}},$$

яку з урахуванням конкретних значень діаметра ковпачка D = 50 мм можна записати як

$$\frac{h_{б2}}{h_{б1}} = \sqrt{\frac{\sigma_2\rho_1}{\sigma_1\rho_2}}. \qquad (4)$$

Отриманий вираз (4), по-перше, дає змогу оцінити вплив зміни поверхневого натягнення рідини σ за наявності хімічних домішок у воді на ЗПС на роботу гідростатичного пневмометричного датчика і, по-друге, показує, що цей вплив буде не прямим, а відповідно до показника ступіня 0,5 значно зменшеним.

Для перевірки викладених міркувань, а також у зв'язку з тим, що в запропонованій конструкції датчика (рис. 1) на відміну від класичного гідростатичного пневмометричного рівнеміра повітря видувається не з трубки, а через щілину незначної висоти $h_щ$, були проведені дослідження, де крім води (σ = 0,073 Н/м, ρ = 998 кг/м^3) використовували етиловий спирт (σ = 0,022 Н/м, ρ = 816 кг/м^3). Коефіцієнт поверхневого напруження для спирту – в три рази менший ніж для води.

Результати досліджень наведено на рис. 2. Лінією *г* означено висоту щілини ($h_щ$ = 3,4 мм), яка виключає з показань нестійкі режими роботи датчика, коли висота води могла бути меншою ніж висота щілини.

У запропонованій конструкції датчика для ЗПС ці режими виключалися завдяки розташуванню датчика у виїмці, глибина якої $h_в$ була більше висоти щілини. Для врахування значно меншої густини спирту отримана залежність із густиною рідини ρ = 816 кг/м^3 була перерахована в залежність для умовної рідини з густиною ρ = 998 кг/м^3, але з таким, як у спирту, поверхневим напруженням – 0,022 Н/м^2. Надалі після врахування $h_к$ = 0,6 мм вод. ст. для води і $h_к$ = 0,18 мм вод. ст. для спирту при D = 50 мм виявилося, що залежність (4) відповідає дослідним даним для рідини з $\rho_1 = \rho_2$, але σ_1 = 0,073 Н/м і σ_2 = 0,022 Н/м при коефіцієнті 1,086. Це дає змогу задовільно оцінити прийняту модель впливу зміни хімічного складу на показання гідростатичного датчика. Остаточно можна вважати при $\rho_1 = \rho_2$

$$\frac{h_{\sigma 2}}{h_{\sigma 1}} = 1{,}09\sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}}. \qquad (5)$$

У дослідженнях із водою був присутнім хімреагент-карбамід, що інколи використовується для боротьби з ожеледицею з концентрацією С = 0,5; 5 і 25 % (рис. 3).

За наявності карбаміду у воді на ЗПС у кількості 0,5 та 5 % гідростатичний пневмометричний датчик практично не змінює своїх показань, а при С = 25 %, збільшує показання на 6 %.

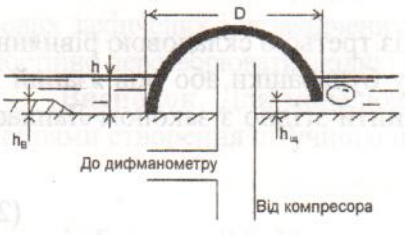

Рис. 1. Схема гідростатичного пневмометричного датчика глибини шару води на ЗПС

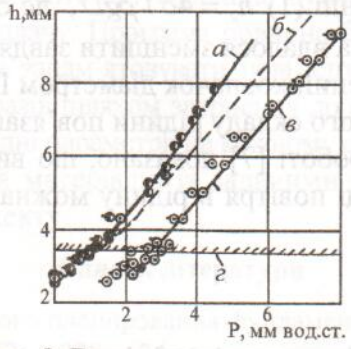

Рис. 2. Вплив поверхневого напруження рідини на показання пневмометричного датчика:
а – етиловий спирт; *б* – умовна рідина; *в* – вода; *г* – верхня кромка щілини

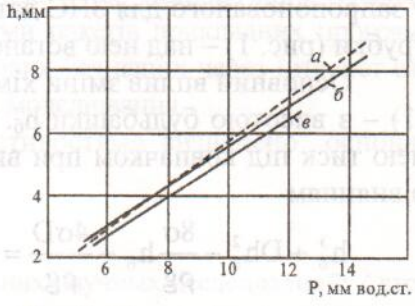

Рис. 3. Вплив хімреагенту-карбаміду на роботу датчика глибини шару води:
а – концентрація 0,5%; *б* – концентрація 5%; *в* – концентрація 25%

Висновок. Зміна хімічного складу води на ЗПС впливає на роботу гідростатичного пневмометричного датчика значно менше ніж на електричні датчики. Зміни показань пов'язані зі зміною поверхневого напруження рідині σ і можуть враховуватися залежністю (5). Правильність прийнятої моделі виявлення впливу поверхневого напруження рідини σ на показання гідростатичного пневмометричного датчика підтвердилася дослідженнями – розходження розрахунків із досліджуваними даними не перевищують 8,6 %.

Присутність у воді хімреагенту-карбаміду концентрацією до 25 %, не впливає на показання гідростатичного пневмометричного датчика. Вплив інших хімреагентів на роботу датчика може оцінюватися з допомогою запропонованої залежності (5).

Список літератури

1. *Кривенко Ю.М.* Дистанційний контроль стану поверхні злітно-посадкових смуг // Вісн. НАУ. – 2002. – Вип. 1(12) – С. 188–192.

2. *А. с. SV, 1125473 A*, G01F 23/14. Датчик глубины слоя жидкости на поверхности покрытия (КИИГА) / Ю.М. Кривенко, Л.Н. Андрущак. Заявлено 22.04.83. Опубл. 23.11.84, Бюл. № 43.

3. *Наставление* по аэродромной службе в гражданской авиации СССР (НАС ГА-86). – М.: Воздуш. транспорт, 1987. – 287 с.

4. *Международные* стандарты и рекомендуемая практика. Аэродромы. Приложение 14 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Т. 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов // ИКАО. – 1990. – 283 с.

5. *Бобровников Г.Н., Катков А.Г.* Методы измерения уровня. – М.: Машиностроение. 1977. – 167 с.

6. *Справочник* физико-химических величин. – М.: Химия, 1967. – 181 с.

7. *Кривенко Ю.М.* Втрати тиску при вдуванні газу в рідину // Вибрации в технике и технологиях. – 2003. – Вип. 4(30). – С. 94–96.

Стаття надійшла до редакції 05.11.02.

0571-511.0-021.1

УДК 656.71.057.004.15(045)

надежность системы аэродрома
состояние работоспособное системы
сооружение аэродрома
система светосигнальная

О.Ф. Шишков, техн. дир.
(Державний міжнародний аеропорт Бориспіль)
С.С. Дев'яткіна, асп.
(Національний авіаційний університет)
С.Г. Ванецян, канд. техн. наук, доц.
(Національний авіаційний університет)

АНАЛІЗ КРИТЕРІЇВ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ПІДСИСТЕМ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ АЕРОДРОМІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Запропоновано новий науковий підхід до визначення критеріїв працездатного стану підсистем світлосигнальних систем аеродромів цивільної авіації. Використання цього підходу дозволяє теоретично визначати та обґрунтовувати кількісні значення критеріїв працездатного стану різних підсистем світлосигнальної системи аеродрому.

Світлосигнальна система аеродрому (ССА) є єдиним джерелом візуальної інформації для пілота повітряного судна (ПС), що забезпечує зліт, захід на посадку, посадку, пробіг і руління ПС на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах (СМУ) вдень і вночі.

За умови правильного функціонування ергатичного комплексу "екіпаж – ПС" і наземного радіотехнічного обладнання забезпечення польотів надійність ССА є основним чинником, що визначає рівень безпеки польотів на етапі візуального пілотування в СМУ.

У нормативних документах цивільної авіації України, Міждержавного авіаційного комітету, матеріалах ІКАО сформульовано тільки якісні вимоги до надійності ССА, виконати і перевірити виконання яких на практиці досить важко.

Актуальність проблеми надійності ССА додатково підтверджується тим, що в російських нормативних документах відсутні нормовані показники надійності для світлосигнального об-