

УДК 629.047:625.717.02:656.021(045)

Кривенко Ю.М., канд. техн. наук, Белятинський А. О., д-р техн. наук, Кривенко А.Ю.

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ І СПОСІБ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВЕРХНІ АЕРОДРОМІВ ТА АВТОШЛЯХІВ

Анотація. Наведено результати тривалих вимірів температури поверхні покриттів злітно-посадкових смуг аеродромів. Встановлені суттєві відмінності температури поверхні покриттів від температури повітря, що покладена в основу прогнозування стану покриттів та визначення строків їх обробки хімреагентами і методів очистки. Доведена надійність вимірювання температури поверхні покриттів металевими термоопорами типу ТСП або TCM з приладами, що широко розповсюджені в інженерній практиці

Ключові слова: злітно-посадкова смуга, автомобільна дорога, безпека руху, витрати хімреагентів, температура повітря, температура поверхні, температура масиву покриття, спосіб дистанційного автоматичного вимірювання температури.

Анотация. Приведены результаты длительных измерений температуры поверхности покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов. Установлены существенные отличия температуры поверхности покрытий от температуры воздуха, положенной в основу прогнозирования состояния покрытий и определения сроков обработки их химреагентами и методов очистки. Доказана надежность измерения температуры поверхности покрытий металлическими термосопротивлениями типа ТСП или TCM с приборами, широкоиспользуемыми в инженерной практике.

Ключевые слова: взлетно-посадочные полосы, автомобильная дорога, безопасность движения, расходы химреагентов, температура воздуха, температура поверхности, температура массива покрытия, способ дистанционного автоматического измерения температуры.

Анотация. The results of long-term measurements of surface temperature coatings runway airports. The essential differences between the surface temperature of the coating temperature, laid the basis for forecasting the timing of coatings and their processing chemicals and cleaning methods. Proven reliability of temperature measurements of metal surfaces such as RTD or RTDs SCI with appliances, a widely used in engineering practice.

Keywords: runways, road, traffic safety, costs of chemicals, temperature air, temperature surface, a temperature solid coverage, the method of automatic, remote temperature measurement.

У довідковій і іншій спеціальній літературі по експлуатації злітно-посадкових смуг (ЗПС) [1-8] підкреслюється великий вплив температури на їх деформацію, стан поверхні, на виникнення ожеледиці та сльоти, а, отже, і на різке падіння коефіцієнта зчеплення. Тим часом, у більшості цих джерел, а, головне, в нині діючих в Україні нормах експлуатації [4], нічого не говориться про необхідність вимірювання температури покриттів, а мається на увазі, що температура поверхні ЗПС практично збігається з температурою повітря. Те ж можна сказати і про експлуатацію автомобільних доріг [9-11].

Вперше, наскільки нам відомо, дистанційне вимірювання температури поверхні ЗПС було виконано В.П.Маслаковим під керівництвом М.А.Печерського в аеропорту м. Самари - Курумоч в 1985 р. [12]. Роботи проводилися з метою прогнозування ожеледі на ЗПС. В якості датчиків використовувалися компактні кремнієві діоди КД-102А при довжині ліній зв'язку датчиків з приладом близько 100 м. Були спроби поширити отриману в результаті робіт методику прогнозування на інші аеропорти [13], однак чомусь без рекомендацій способів вимірювання температури поверхні (в методиці пропонується визначати температуру поверхні ЗПС наближено, в залежності від температури повітря і швидкості вітру, а також ступеня хмарності). Запропонована система прогнозування "Самара", наскільки нам відомо, не набула поширення через нестійкість в роботі датчиків. Однак на підставі цих досліджень в нових нормативах з експлуатації аеродромів Російської Федерації [3] вже була відзначена важливість вимірювання температури поверхні покриттів.

У розвинених країнах давно вже (у Швейцарії ще з 70-х років) на дорогах, а потім і на аеродромах встановлювалися датчики температури покриттів. На Україні вперше, наскільки нам відомо, в кінці 90-х років в Борисполі на ЗПС № 1 була встановлена швейцарсько-німецька система ГФС-2000, яка містить в собі датчики температури поверхні. На автодорозі Київ-Бориспіль подібна іноземна система почала функціонувати кілька років тому. Розповсюдженню таких систем в інших аеропортах і на автодорогах України, заважає висока вартість зарубіжних систем і невідповідність експлуатаційних служб.

З урахуванням викладеного, для визначення необхідності вимірювання температур поверхні покриттів і розробки досить точного і надійного способу вимірювань, Національним авіаційним університетом у 1990-2000 роках були проведені вимірювання температури на двох діючих злітно-посадкових смугах. Спочатку датчики були встановлені в аеропорту Київ - Жуляни, на смузі для легких і середніх літаків (рис.1-а), а потім і в аеропорту Мінеральні Води, із смугою для літаків всіх типів (рис.1-б).

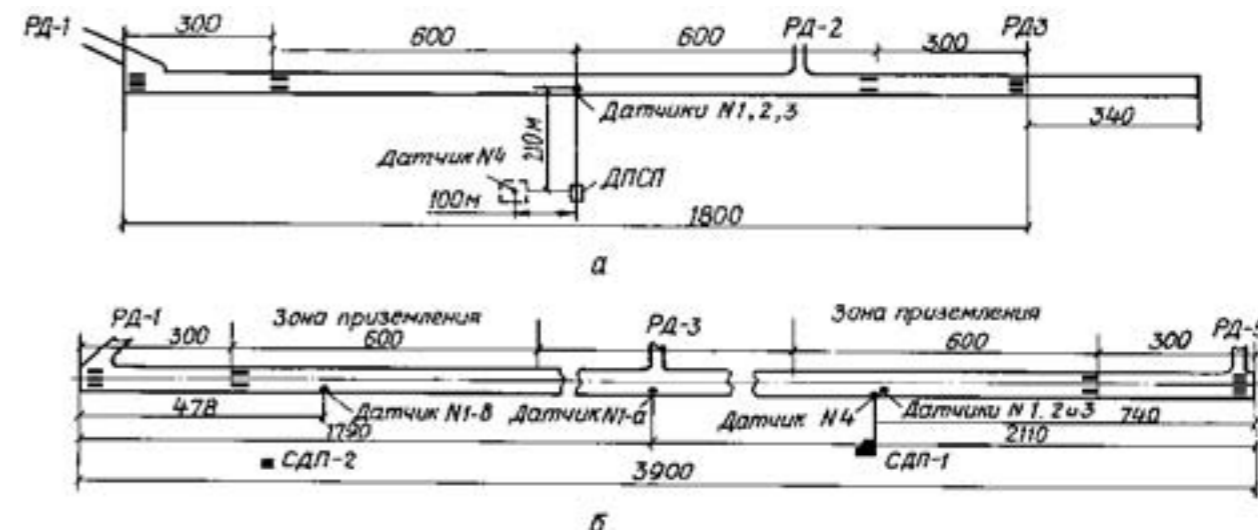


Рис.1. Злітно-посадкові смуги, де проводилися вимірювання температур і перевірка роботи датчиків: а-в аеропорту Київ-Жуляни, б-в аеропорту Мінеральні Води. Датчики № 1 - для вимірювання глибини шару води, № 2 та № 3 - для вимірювання температури поверхні та масиву покриття, № 4-датчики температури повітря

В якості датчиків температур були використані металеві терморезистори типу TCM з реєструючими автоматичними мостами типу КСМ. У ході досліджень було прийнято рішення про одночасне вимірювання також і температури масиву покриття. Для температури повітря був узятий стандартний датчик типу TCM-6114 (рис.2), робочий елемент якого був пристосований потім для датчика температури поверхні і масиву (рис. 3). У зв'язку зі значними розмірами датчика TCM, на

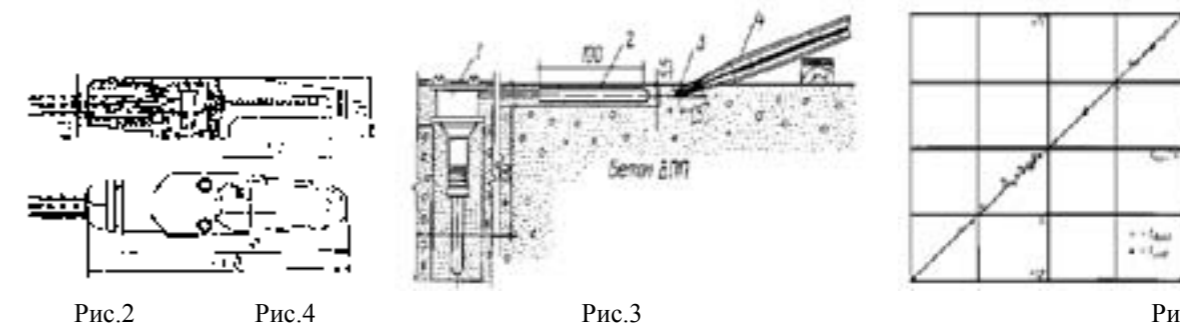


Рис.2 Термодатчик TCM 6114 для вимірювання температури повітря

Рис.3. Розташування датчиків температури масиву і поверхні покриття на ЗПС: 1-датчик температури масиву; 2- датчик температури поверхні покриття; 3-виїмка в бетоні; 4-зразковий рідинний термометр
Рис.4. Результати тарування датчика температури поверхні зразковим рідинним термометром

початковому етапі температура поверхні вимірювалася на глибині 5,5 мм, що дещо глибше, ніж при використанні напівпровідникових датчиків в дослідях В.П.Маслакова, але для з'ясування співвідношень температур повітря і поверхні, це вплинуло несуттєво, тим більше, що паралельно вимірювалася і температура масиву. Головне, для підвищення надійності і точності вимірів, у ряді робіт [14-16] рекомендувалося в подібних умовах застосовувати не напівпровідникові, а металеві датчики, термін служби у яких набагато більший - близько 20 років.

В якості реєструючі приладів в аеропорту Київ використовувався прилад типу КСМ-4 - на дванадцять точок вимірювання, при найбільшій довжині ліній зв'язку 210 м, а в аеропорту Мінеральні Води - прилад КСМ-2 на три точки вимірювання, при довжині ліній зв'язку близько 100 м.

Датчик температури повітря в Києві розташовувався на метеоплощадці поруч зі стандартним термометром в метеобудці на відстані 100 м від реєструючого приладу, а в Мінеральних Водах був встановлений вже поруч з ВПП, на відстані 1,5 м від краю і на висоті 300 мм.

На рис. 4 показані результати повірки термодатчиків поверхні покриття та повітря рідинним скляним термометром в аеропорту Київ. Отримана до того часу найбільша похибка дистанційного автоматичного вимірювання не перевищувала 0,5 ° С, при допустимій похибці вимірювання температури на аеродромі за вимогами ІКАО ± 1 ° С [2].

Вимірювання температур на ЗПС проводилися систематично починаючи з 1990 по 1995 рік. Ці дослідження показали, що збіг температури повітря і температури поверхні покриттів носить випадковий характер. Температура повітря залежить від багатьох параметрів і, в значній мірі, визначається метеорологічною обстановкою в даному регіоні. Її зміна істотно пов'язане з альбедо навколишньої місцевості, значною вологістю поверхні, з силою і напрямом вітру. У той же час на температуру поверхні покриттів в значно в більшій мірі впливає сонячна радіація і альбедо покриття, температура масиву покриття, матеріал і стан самого покриття. На рис. 5 представлена одна з багатьох характерних діаграм, отримана на ЗПС Мінеральних Вод в грудні місяці.

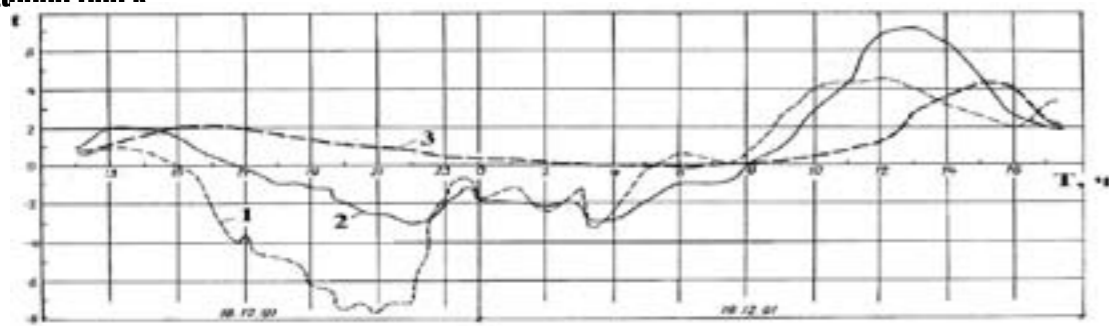
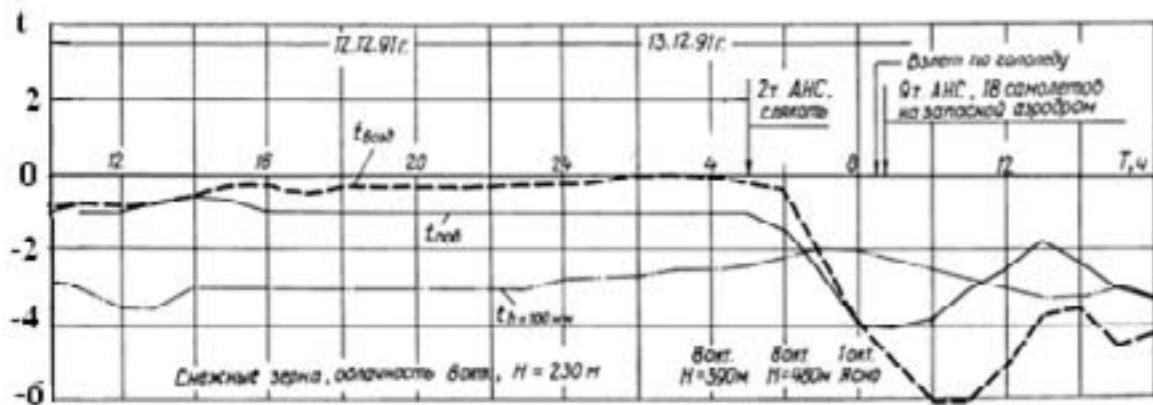


Рис. 5. Характерна діаграма запису температур повітря (1), поверхні (2) і масиву бетону (3) на злітно-посадковій смузі в аеропорту Мінеральні Води 18-19 грудня 91 р.

Як випливає з спостережень, температура поверхні покриття може бути більше, менше і рівною температурі повітря. На цій діаграмі спостерігаються періоди, коли всі три температури, - повітря, поверхні і масиву покриття на глибині 100 мм, - були майже однаковими. Не збігається за часом і перехід температур повітря і покриття через 0 ° С. У представленому прикладі різниця в часі переходу становить 6-8 годин. Спостерігалися випадки, коли різниця в часі переходу через нуль досягала декількох діб. Найбільша відмінність температур у зимово-осінній в період досягала 5-10 ° С, а в літній період в Мінеральних Водах (цей аеропорт розташований на широті Сімферополя) спостерігалися періоди, коли температура поверхні покриття перевищувала температуру повітря на 30 °. В кінці липня температура поверхні ЗПС в середині дня досягала 60 ° С. В той час, через велику температуру поверхні і масиву, було відзначено навіть спучування покриття ЗПС, частину якого довелося вирізати. Відмітимо, що з часом цю ЗПС із-за руйнування прийшлося закрити, а поряд побудувати нову, з дещо зміненим поперечним профілем.

Рис.6. Діаграма запису температури повітря ($t_{\text{возд}}$), поверхні ($t_{\text{пов}}$) і масиву бетону на глибині 100мм ($t_{\text{h=100мм}}$) на ЗПС 12-13 грудня 1991



Значний інтерес представляє діаграма (рис. 6), записана автоматичними датчиками температури 12-13 грудня 1991 р. на старій, до реконструкції, ЗПС в аеропорту Київ-Жуляни. В той час, 13 грудня через неправильні дії працівників аеродромної служби, які брали до уваги, як зазвичай, тільки температуру повітря, на ЗПС виникла ожеледь та відбулися наступні порушення:

- неприпустимий за нормами зліт літака по ожеледі (добре, що не виникла необхідність зупинити зліт);
- аварійне закриття аеродрому для польотів, внаслідок чого 18 літаків, які вилетіли до Києва, були відправлені на запасні аеродроми або повернулися назад;
- для боротьби з ожеледицею було необгрунтовано висипано на ЗПС 9 тонн хімреагентів, що, крім істотних економічних витрат, призвело також до надмірного забруднення нітратами ряду водойм.

У процесі досліджень датчик для вимірювання температури поверхні був вдосконалений (рис. 7а) [17], що, перш за все, дозволило вимірювати температуру поверхні на глибині близько 2,5 мм, і, крім того, підвищити точність вимірювань до 0,2 градуса. У 1992 р. в аеропорту Київ-Жуляни було встановлено вже два таких датчика - один біля краю, а інший поблизу осі ЗПС (рис. 7б).

На цей час в Росії вийшли нові рекомендації до експлуатації аеродромів [3], в яких вже вказується про суттєве значенні температури поверхні аеродромного покриття для прогнозування льодоутворення, але, оскільки така температура в аеропортах не вимірюється, пропонується визначати цю температуру по температурі повітря, яка вимірюється метеостанцією. Перерахунок рекомендується виконувати за методикою, в основу якої було припущення про співпадання температур поверхні та повітря два рази на добу - перший раз в ранкові години, коли внаслідок нагрівання сонцем поверхні її температура підвищується швидше, ніж температура повітря, і, вдруге, у вечірній час, коли температура поверхні падає швидше температури повітря. У методиці наводиться спосіб визначення конкретного часу цих переходів, що залежать лише від пори року, силу вітру і величини хмарності.

Пори року, коли можливі льодоутворення, діляться лише на два періоди: 1-й - грудень-січень і 2-й - листопад, лютий і березень.

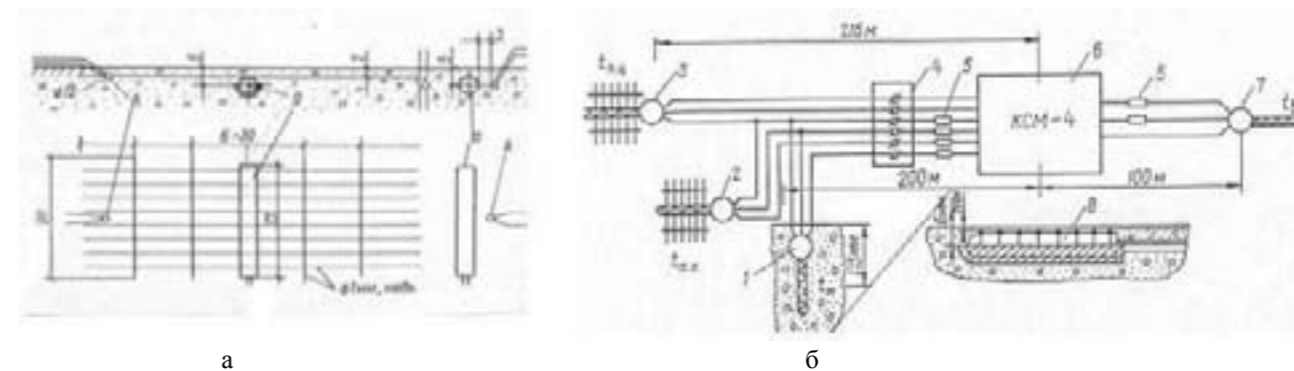


Рис. 7. Схема повірки нового (9) і старого (10) датчиків температури поверхні покриття у лабораторії (а) і установки нових датчиків на ЗПС (б): 1 - датчик температури масиву бетону; 2, 3 - датчики температури поверхні покриття біля краю і у осі ЗПС; 5-підгоночні опори ліній зв'язку; 6 - автоматичний контрольно-реєструючий прилад; 7 - датчик температури повітря на метеоплощадці; 8 - термомари для повірки датчиків в лабораторії

Вплив хмарності пропонується враховувати за потрійною градації: до 4-х балів, 4 і більше 4-х балів. Про вплив вітру сказано тільки, що при швидкості вітру 5м/с температура поверхні на 1 ° нижче температури при відсутності вітру. Практично нічого не говориться про вплив температури масиву покриття, про наявність, товщину і вигляд атмосферних опадів.

Позитивно, загалом, оцінюючи наведений в РЕГА РФ-96 підхід, де вперше вказано про необхідність врахування температури поверхні покриттів, слід зазначити занадто наближений метод визначення відмінностей температур поверхні і повітря. Наші багаторічні вимірювання температури поверхні злітно-посадкових смуг в аеропортах Київ і Мінеральні Води, взагалі підтвердили можливість зазначених у РЕГА періодів збігів температур повітря і поверхні ЗПС. В якості прикладу на рис.8 показаний хід температур в кінці жовтня на ЗПС в аеропорту Київ. Однак, навіть у цей, порівняно рідкісний, за нашими достатньо тривалим спостереженням період, співпадання температур найчастіше не відповідає рекомендаціям РЕГА - з десяти випадків співпало тільки 20%

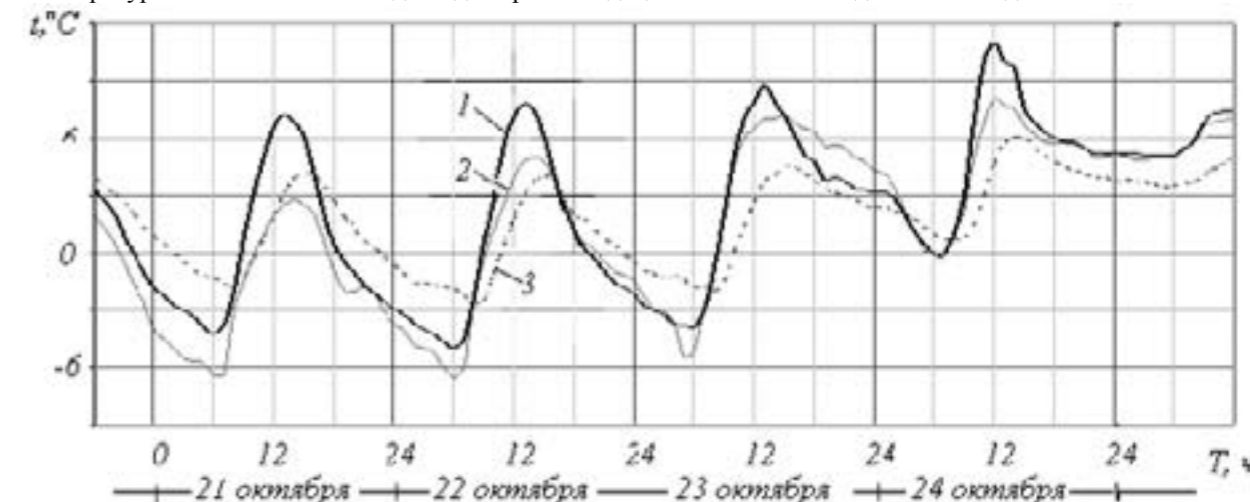


Рис. 8. Автоматичний запис в аеропорту Київ температур поверхні покриття (1), повітря (2) і масиву покриття на глибині 115 мм (3) в кінці жовтня на ЗПС в малохмарну погоду

Не відповідає час збігу температур і на інших діаграмах, приведених вище. На діаграмі рис.5 температури співпадали не в 15-16 годин, як це випливає з методики, а з 22 год 30 хв 18-го грудня по 4 год ранку 19 - го. Те ж в грудні на ЗПС в Києві (рис.6). При ясному небі за методикою збіг температур повинен був о 6-7 годині. В дійсності збіг відбувся о 8-й (майже як за методикою), проте, якщо по методиці, після збігу температура покриття в ясний день повинна була зростати швидше, ніж температура повітря, то в дійсності відбулося протилежне - через холодний масив покриття та застосування хімреагентів, температура поверхні стала нижчою, ніж температура повітря. Вочевидь, покладені в основу РЕГА спостереження за температурою ЗПС в аеропорту Курумоч, є окремим випадком, і відповідають ясній чи малохмарній погоді. За нашими спостереженнями, значний вплив на температуру поверхні має температура масиву покриття. Досить часто в зимовий і літній час, коли масив або сильно охолоджений, або, влітку, розігрітий, криві температур повітря і поверхні взагалі не перетинаються. Часто не перетинаються вони і в похмурну погоду взимку, коли коливання температури практично припиняються (рис. 9)

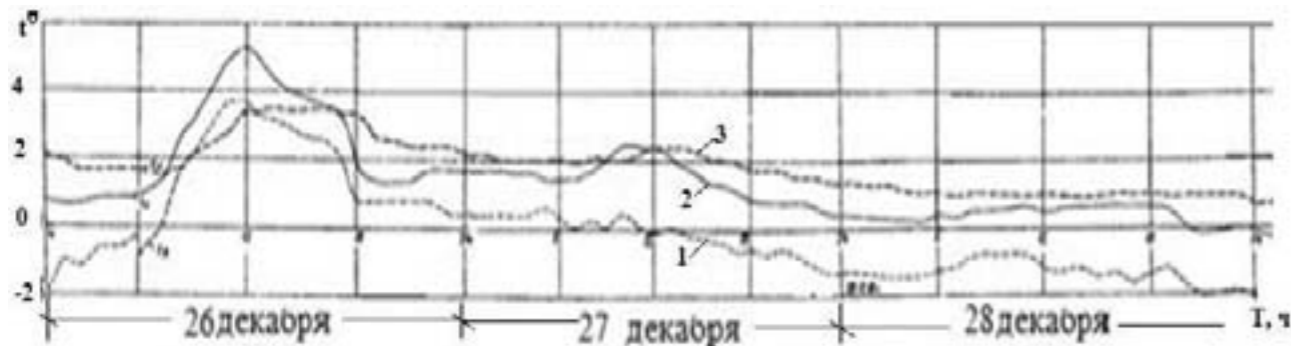


Рис. 9. Зміна температур повітря (1), поверхні покриття (2) і масиву на глибині 115мм (3) на ЗПС

Для прогнозування стану покриттів у відповідні періоди, необхідно вести запис зміни трьох температур: поверхні покриття, повітря та масиву покриття. Різниця цих температур досягала, за нашими спостереженнями, в осінньо-зимовий період до 2 - 5 °, а влітку до 10 - 20°. Спостереження і розрахунки показали, що температуру масиву слід вимірювати на глибині, яка залежить від матеріалу покриття (для асфальтобетонних покриттів - близько 70 мм, а цементобетонних - 110 мм). Проведені в 90-х роках дослідження та натурні випробування на двох діючих ЗПС показали перспективність способу на основі стандартних металевих термопорі ТСП або ТСМ і автоматичних реєструючих приладів типу КСМ. Для виведення показань на ЕОМ можуть застосовуватися відповідні перетворювачі сигналів (в Росії, наприклад, це рекламовані для вимірювання температури модулі ZET 7021 або ZET 7121).

У 1995р. була підготовлена програма і методика державної атестації датчиків, однак атестація не відбулася через розпад СРСР і припинення фінансування. Неофіційні спостереження показали надійність роботи датчиків в умовах діючої ЗПС і після десяти років експлуатації - до самого будівництва в аеропорту Київ-Жуляни нової ЗПС.

ВИСНОВКИ

Діючими досі в Україні та ряді країн СНД нормативами з експлуатації аеродромів та автошляхів не передбачається встановлення датчиків температури покриттів. Відповідні служби, згідно діючих норм, при експлуатації користуються, як правило, лише даними про температуру повітря. Оскільки ця температура, як показали тривалі спостереження, може відрізнятися від температури поверхні покриття восени і взимку на 2 - 5 °, а влітку на 10-30 °, спостерігається порушення безпеки руху, надмірні економічні витрати і, навіть, руйнування злітно-посадкових смуг.

У розвинених країнах давно вже такі датчики встановлюються (наприклад в досить поширених системах типу «ГФС-2000»). Широкому впровадженню закордонних систем заважає їх висока вартість і невідповідність наших експлуатаційних служб. Між тим, виробничими випробуваннями на діючих злітно-посадкових смугах була доведена можливість застосування температурних датчиків, виготовлених на базі надійних і довговічних металевих датчиків типу ТСП або ТСМ, з відповідними реєструючими приладами, широко вживаними в інженерній практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по аэропортовым службам: Часть 2. Состояние поверхности покрытий. ИКАО, Монреаль, 2002. - 90 с.
2. Руководство по авиационной метеорологии (ДОС 8896), 3-е издание ИКАО, Монреаль, 1985. - 111 с.
3. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94) -М.: Изд-во «Воздушный транспорт», 1996. -193 с.
4. Наставление по аэродромной службе в гражданской авиации СССР (НАС-ГА-86). Изд-во «Воздушный транспорт». – М.: 1987. - 287 с.
5. Бабков В.Ф., Горецкий Л.И., Смирнов А.С., Глушков Г.И. Изыскания и проектирование аэродромов. –М.: Транспорт, 1981. - 616 с.
6. Эксплуатация аэродромов. Справочник (Л.И. Горецкий, М.А. Печерский, Л.Н. Комчихина и др. Под ред. Л.И. Горецкого) - М.: Транспорт, 1990. - 287 с.
7. Белинский И. А., Самородов Ю.А., Соколов В.С. Зимнее содержание аэродромов. - М.: Транспорт, 1982. - 192 с.
8. Горецкий Л. И. Теория и расчет цементобетонных покрытий на температурные воздействия.- Л.: Транспорт, 1968.- 284 с.
9. Довідник дорожнього майстра. Будівництво, експлуатація і ремонт автомобільних доріг. Навчально-практичний посібник. Видавництво «Инфра-Інженерія» - М.: 2005. - 212 с.
10. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. Українська державна корпорація по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг «Укравтодор». - М.: 1997. - 192 с.

11. Вісник Харківського автомобільно-дорожнього університету. Збірник наукових праць. Випуск 47. - Харків, 2009, -163 с.
12. Печерский М.А., Маслаков В.П. Прогнозирование льдообразований. Отечественный опыт. "Воздушный транспорт". - М.: 1986. - 12 с.
13. Методика прогнозирования льдообразования на искусственных покрытиях аэродромов ГА. МГА, ГПИНИИГА «Аэропроект», - М.: 1986. -11 с.
14. Рекомендации по применению автоматизированных комплексов аппаратуры для температурных измерений в грунтах. ПНИИС Госстроя СССР. Стройиздат,- М.: 1984. – 29 с.
15. Температурные измерения. Справочник. (Отв. ред. Геращенко О.А.). АН УССР. Институт проблем энергоснабжения.- К.: Наукова Думка, 1989. - 704 с.
16. Измерение параметров газообразных и жидких сред при эксплуатации инженерного оборудования зданий. Справ. пособие (Под ред. Полякова А.А.), Стройиздат,- М.: 1987. - 352 с.
17. Кривенко Ю.Н., Валько В. А. «Давач температури поверхні покриттів». Патент на винахід. Україна, UA, 14837 А, G01K 1/16. Опубл. 18.02.97 г.

УДК 624.121.54:624.131.6

Кузю М. Т. канд. техн. наук

МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЗМІЩЕНЬ ГРУНТОВОГО МАСИВУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ОСУШЕННЯ

Анотація. У статті виконано математичне моделювання вертикальних зміщень ґрунтового масиву в процесі його осушення. Достовірність отриманих розв'язків підтверджено на конкретному прикладі. Чисельний експеримент проведено після повної стабілізації рівня ґрунтових вод, тобто коли пройшло повне осушення ґрунтового масиву.

Ключові слова: вертикальні зміщення, ґрунтовий масив, осушення, математична модель.

Аннотация. В статье выполнено математическое моделирование вертикальных смещений ґрунтового массива в процессе его осушения. Достоверность полученных решений подтверждено на конкретном примере. Чисельный эксперимент проведено после полной стабилизации уровня ґрунтовых вод, то есть когда произошло полное осушения ґрунтового массива.

Ключевые слова: вертикальные смещения, ґрунтовый массив, осушения, математическая модель.

Annotation: In the article the mathematical modeling of soil massif's vertical displacements in the process of its drainage has been carried out. The validity of obtained solutions has been confirmed on the concrete example. The numerical experiment has been carried out after complete stabilization of soil water level, the complete drainage of soil massif has been accomplished.

Keywords: vertical displacements, soil massif, drainage, mathematical modeling.

Для осушення значних територій від розміщення високого рівня ґрунтових вод дуже часто доводиться влаштовувати різноманітні дренажні системи або канали. Особливо це питання є актуальним при влаштуванні ґрунтових насипів та штучних споруд на водонасичених ґрунтах.

Аналіз останніх досліджень показав, що існує ряд теоретичних рішень з визначення напружено-деформованого стану водонасичених ґрунтових масивів [1]. Однак, питання з визначення вертикальних зміщень водонасичених ґрунтових масивів, недостатньо вивчено.

Метою роботи є визначення деформацій водонасичених ґрунтових масивів при їх осущенні і відповідних їм вертикальних зміщень поверхні землі.

Для встановлення вертикальних зміщень поверхні ґрунтового масиву в процесі його осушення були виконані чисельні дослідження. За розрахункову схему прийнятий ґрунтовий масив, у якому влаштований осушувальний канал (рис. 1).