

УДК 625.712.2(045)

Ю.М. Кривенко, канд. техн. наук, доц.

ДИСТАНЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ СТАНУ ПОВЕРХНІ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВИХ СМУГ

Розглянуто систему датчиків, яка дозволяє контролювати і прогнозувати значення основних факторів, що впливають на небезпечну зміну коефіцієнта, наявність і висоту шару води, стан, температуру повітря і покриття поверхні злітно-посадкових смуг.

Безпека зльоту і посадки, які відносяться до найбільш складних етапів польоту, значною мірою залежить від правильного і своєчасного контролю стану поверхні злітно-посадкових смуг (ЗПС). У багатьох країнах цей контроль здійснюється візуально із використанням або автомобіля з п'ятим колесом для визначення коефіцієнта зчеплення, або причепного возика АТТ-2 чи йому подібного, або деселерометра, який прикріплюється на автомобіль [1–3]. Усі ці способи контролю мають суттєві недоліки:

- необхідність припинення польотів і виїзду на ЗПС машини аеродромної служби;
- достовірність інформації тільки на час контролю, а не безпосередньо під час зльоту або посадки;
- значна тривалість, трудомісткість і недостатня точність;
- слабка інформативність для прогнозування значного зниження коефіцієнтів зчеплення і своєчасного проведення попереджувальних робіт на поверхні ЗПС.

У Національному авіаційному університеті з 1987 р. проводиться робота із забезпечення дистанційного, автоматичного контролю стану поверхні ЗПС, у основу якої покладена залежність вихідних даних від двох груп факторів – повільно і швидко змінних.

До повільно змінних факторів відносять шорсткість бетонної поверхні, її рівність і забрудненість рештками гуми від пневматиків. Ці фактори можуть контролюватися епізодично, у перервах між польотами, один-два рази за рік. До швидко змінних факторів, які потребують безперервного, оперативного контролю, відносять висоту шару і вид атмосферних опадів на поверхні ЗПС, температуру поверхні бетону, повітря і масив покриття.

На рис. 1 наведені залежності коефіцієнта зчеплення $K_{зч}$ від висоти шару води і сльоти h . Ці дані одержані на цементно-бетонних покриттях з використанням возика АТТ-2 на основі нормативних записів про стан поверхні ЗПС в аеропортах Київ і Бориспіль. Незважаючи на достатньо великі відхилення дослідних точок, що може бути причиною відсутності даних про температуру поверхні, і недостатньо точні відомості про висоту шару опадів, підраховані коефіцієнти кореляції характеризують наведені залежності як достатньо ймовірні.

Для контролю на ЗПС факторів, які швидко змінюються, були розроблені датчики, методи оцінки стану поверхні за їхніми показниками і способи визначення характерних місць на ЗПС для встановлення датчиків.

На рис. 2 наведений комбінований датчик висоти шару води, який може використовуватися для визначення вологості поверхні і часу виникнення ожеледиці або сльоти [4].

Датчик складається з двох взаємоповоджуючих і резервуючих частин – пневматичної і електричної. До пневматичної частини входить захисний ковпачок 1, який має форму півсфери діаметром 50 мм, куди підводиться трубкою 2 повітря від компресора, розташованого в камері поблизу датчика.

У нижній частині ковпачка розташовані два пази шириною по 10 мм для виходу надлишкового повітря, коли тиск під ковпачком стає більшим ніж

$$P = \rho gh + P_0,$$

де ρ – густина рідини; g – прискорення земного тяжіння; h – висота шару води або сльоти; P_0 – надлишковий тиск, який залежить від висоти паза, діаметра ковпачка, витрат повітря та інших факторів.

Виїмка 9 діаметром D_v має більшу глибину, ніж висота пазів, для виключення з показань датчика нестійких режимів, пов'язаних з частковим заповненням пазів рідиною. Висота трубки $h_{тр}$, пов'язані з нею висота і діаметр ковпачка назначаються з урахуванням найбільшої можливої глибини шару води, щоб при раптовій зупинці компресора (наприклад, при перерві в електропостачанні) до трубки для повітря не змогла потрапити вода.

Тиск під ковпачком передається трубкою 4 до чутливого стандартного дифманометра з перепадом тиску 160–200 Па, який розташовується поряд з компресором. За допомогою дифманометра пневматичний сигнал перетворюється в електричний, який передається до реєструючого приладу. Необхідний перепад тиску дифманометра визначається для кожного датчика окремо, залежно від місця розташування датчика і розрахункової інтенсивності опадів на ЗПС.

Електрична частина датчика має два електроди (бронзові або з нержавіючої сталі), до яких від спеціального пристрою підводиться постійний струм напругою 2 В. До електричної схеми входить міліамперметр, який реагує на вологість поверхні між електродами і висоту шару води або сльоти.

На рис. 3, а показана залежність тиску під ковпачком, що фіксується вторинним приладом дифманометра, а на рис. 3, б – опору між електродами, від якого залежить струм, що фіксується міліамперметром, від висоти шару води при температурі біля 15°C.

Як видно з рис. 3, залежність P від h – лінійна, і тому точність таких датчиків буде значно кращою, ніж електричних датчиків, опір R у яких залежить не тільки від висоти шару води нелінійно, але і від температури хімічного складу води. У зв'язку з цим показники дифманометра використовують для точного визначення глибини шару води чи сльоти при глибинах більших ніж 0,2–0,5 мм, а показники електричної частини датчика – для визначення моменту зволоження поверхні (глибин шару води меншими за 0,1 мм) і автоматичного увімкнення або при висиханні вимикання приладів і компресора.

Крім висоти шару води чи сльоти (датчик автоматично переводить висоту сльоти в рівнозначну їй висоту шару води з густиною 1000 кг/м³) датчик чітко фіксує момент замерзання води або момент появи сльоти. У цей час, при замерзанні води, показники датчика різко змінюються (або сягають 100 %, або спадають до нуля, коли в шарі льоду завдяки повітрю виникає канал з незначним опором виходу повітря). Під час перетворення снігу у сльоту міліамперметр фіксує збільшення вологості опадів. При сухому снігу струм у схемі відсутній, а дифманометр фіксує появу і глибину рідини біля пазів ковпачка.

Поряд з датчиком глибини шару води розроблені також датчики температури поверхні покриття і температури масиву покриття, які являють собою (рис. 4) стандартні металеві, платинові чи мідні термоопори типу ТСП або ТСМ, пристосовані до умов ЗПС [5]. Ці датчики замонолічують у покриття і за трьома або чотирма провідними схемами підключають до реєстрованих приладів.

Датчик температури поверхні покриття 2 відрізняється від стандартних розв'язкою термомічливою поверхнею у вигляді мідної сітки з дроту перерізом 1 мм з чарунками 10×30 мм загальною поверхнею 90×180 мм², яку замонолічують надміцним бетонним розчином на глибині 2 мм від поверхні.

Датчик температури масиву покриття замонолічується звичайним цементним розчином на глибину різких змін добової температури. Ця глибина залежить від теплопровідності матеріалу покриття і для звичайних бетонів досягає 110, а для асфальтобетонів – 90 мм. Цей датчик, як і третій датчик температури (температури повітря на аеродромі), необхідний для прогнозування стану поверхні покриття і своєчасної організації та проведення запобіжних робіт на аеродромі, які попередять падіння коефіцієнта зчеплення нижче допустимого.

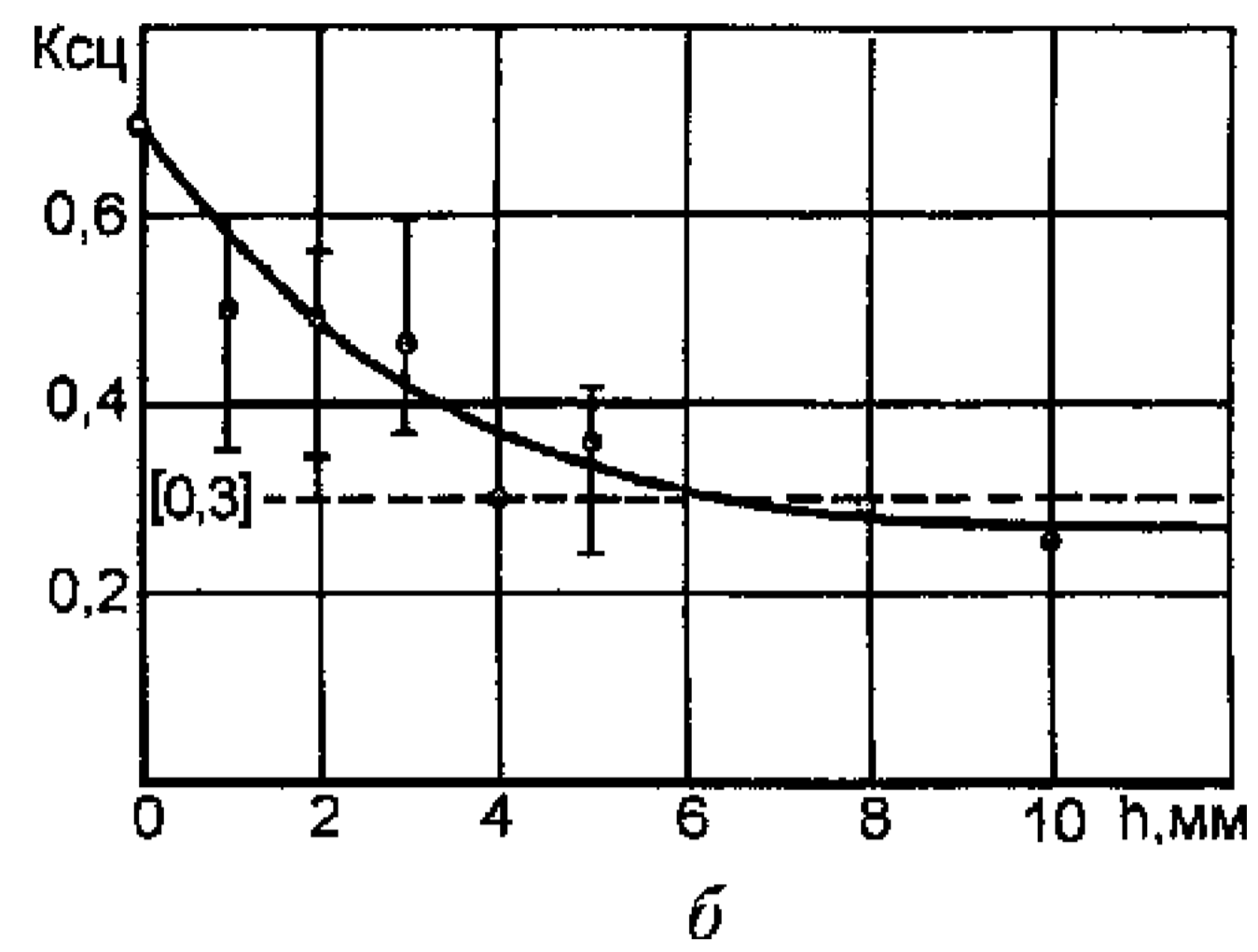
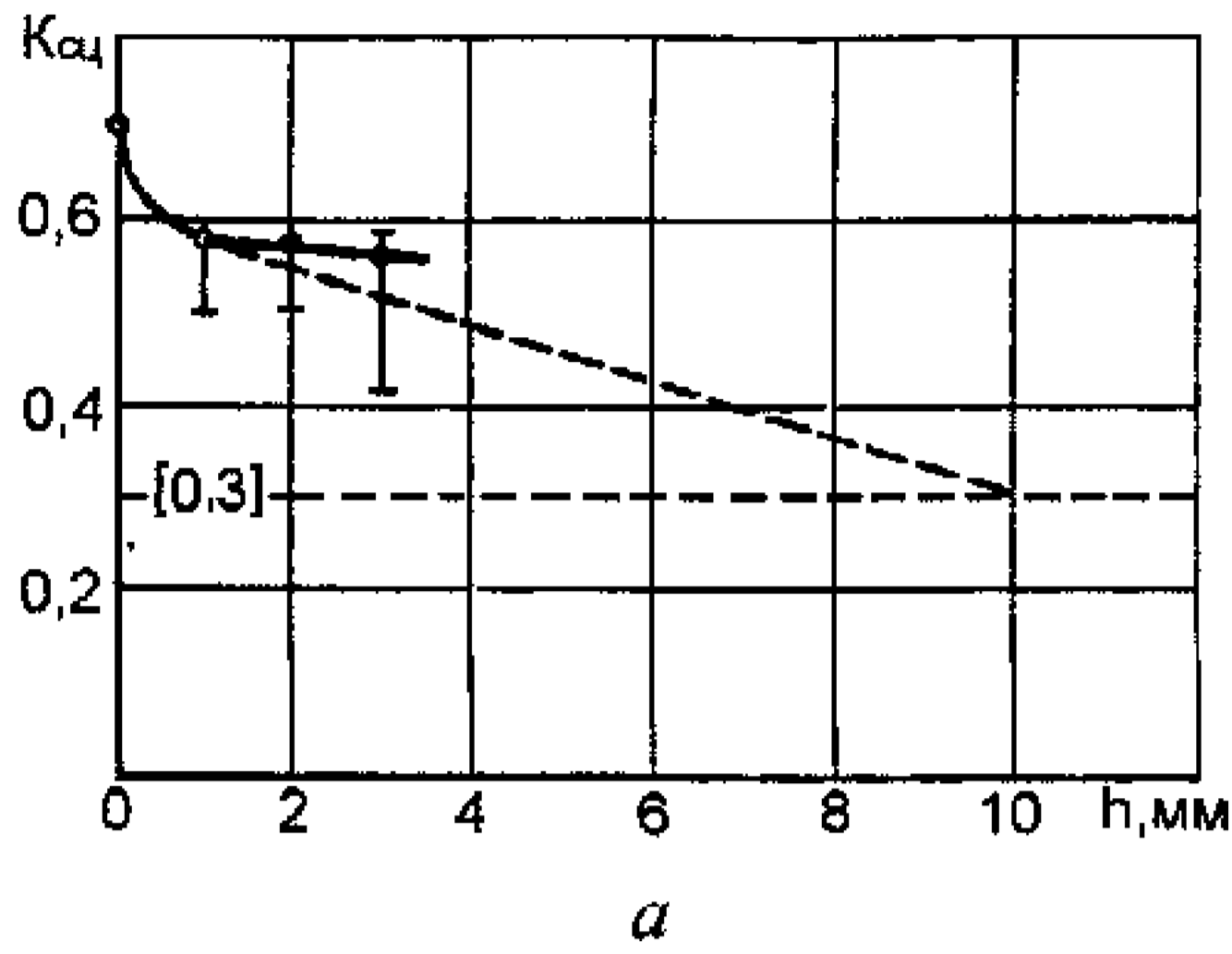


Рис. 1. Залежність коефіцієнта зчеплення від висоти шару опадів на ЗПС у вигляді води (а), сльоти (б): [0,3] – граничне значення коефіцієнта зчеплення

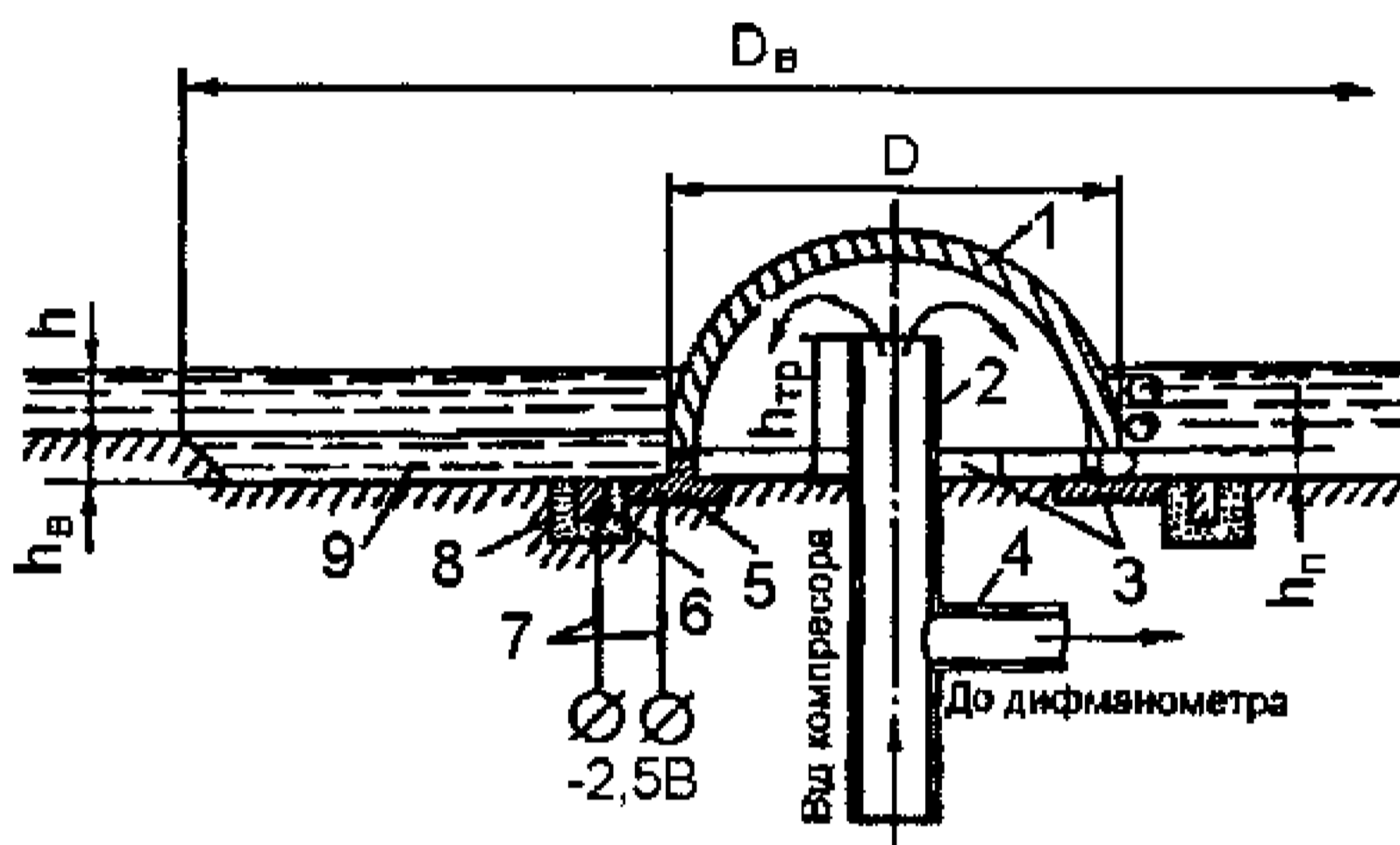


Рис. 2. Схема датчика висоти шару води і визначення виду опадів на ЗПС:

1 – ковпачок, 2 – трубка для підводу повітря від компресора; 3 – два пази (щілини) для виходу підшипникової кількості повітря; 4 – імпульсна трубка до дифманометра; 5 – внутрішній електрод; 6 – зовнішній електрод; 7 – електрокабель для підводу напруги від контролюючого і пускового пристрою; 8 – діелектрик, 9 – виїмка для виключення нестійких режимів у роботі датчика

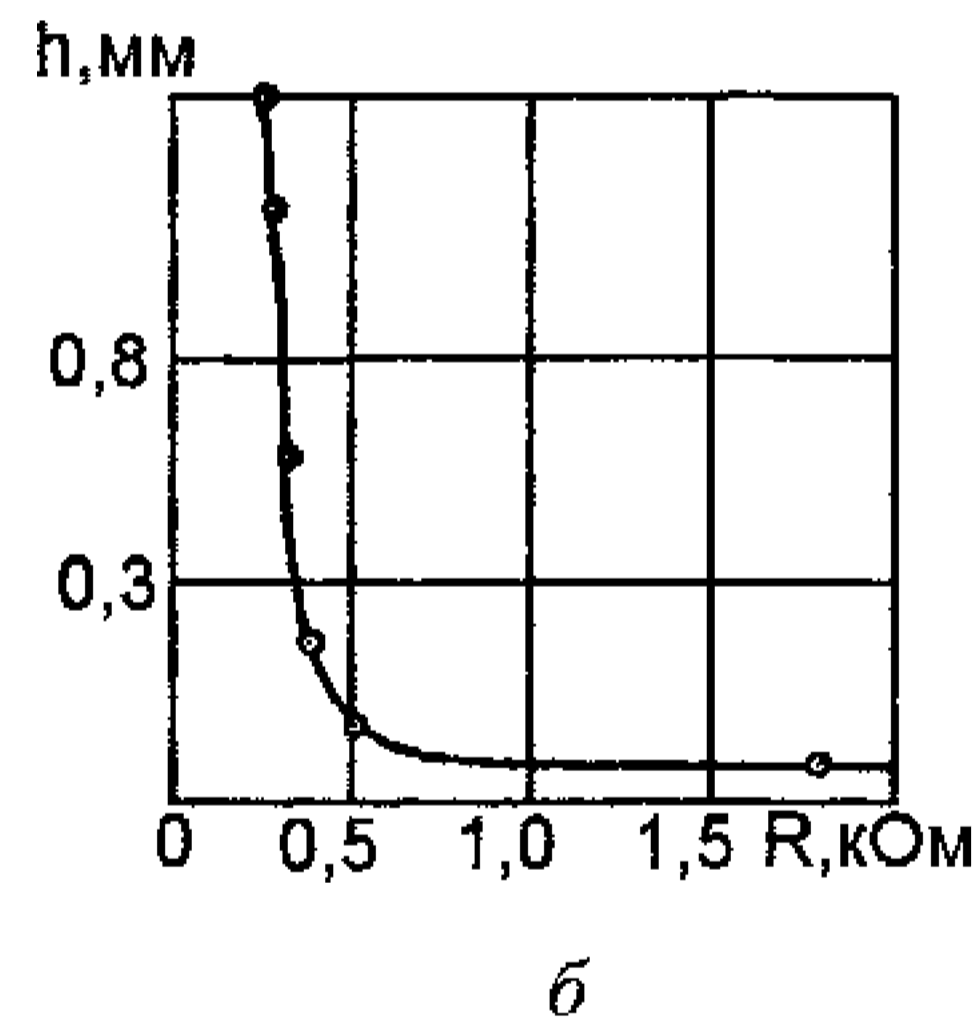
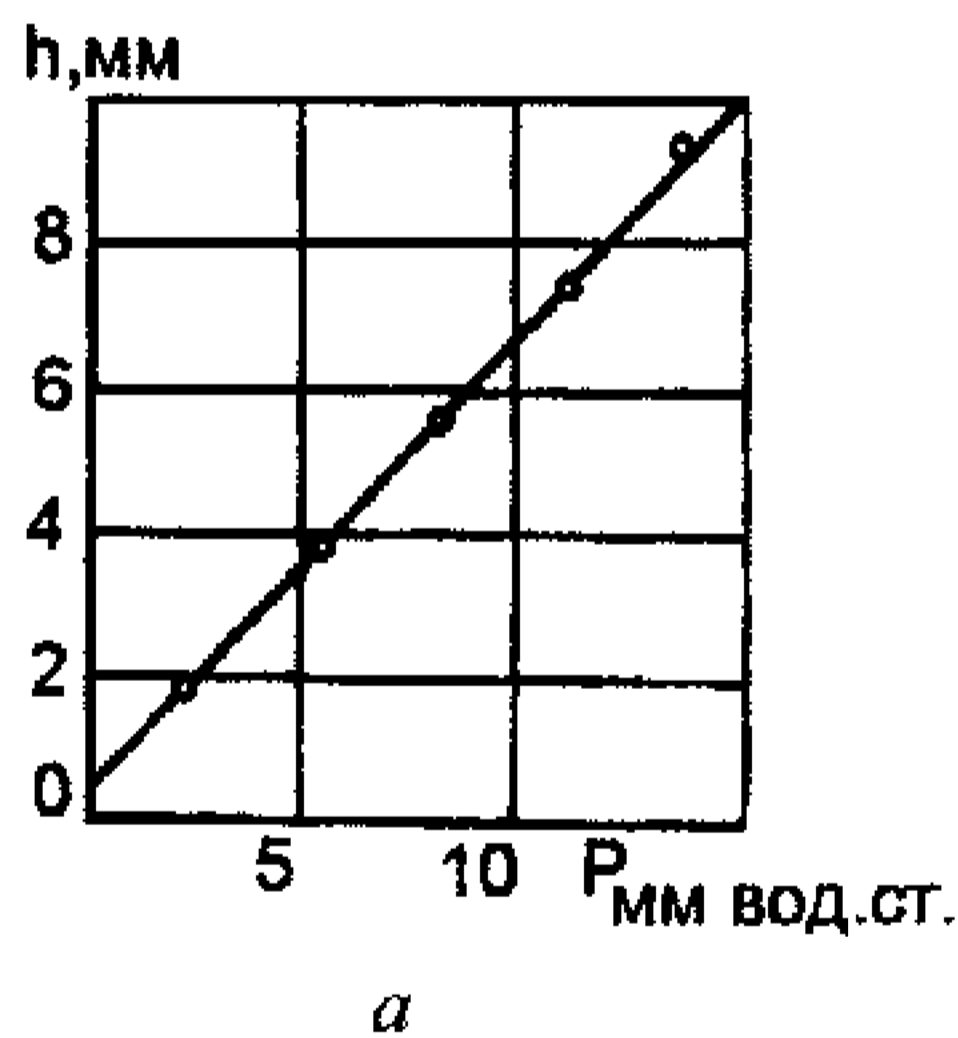


Рис. 3. Залежність тиску під ковпачком (а) і опору між електродами (б) від висоти шару води

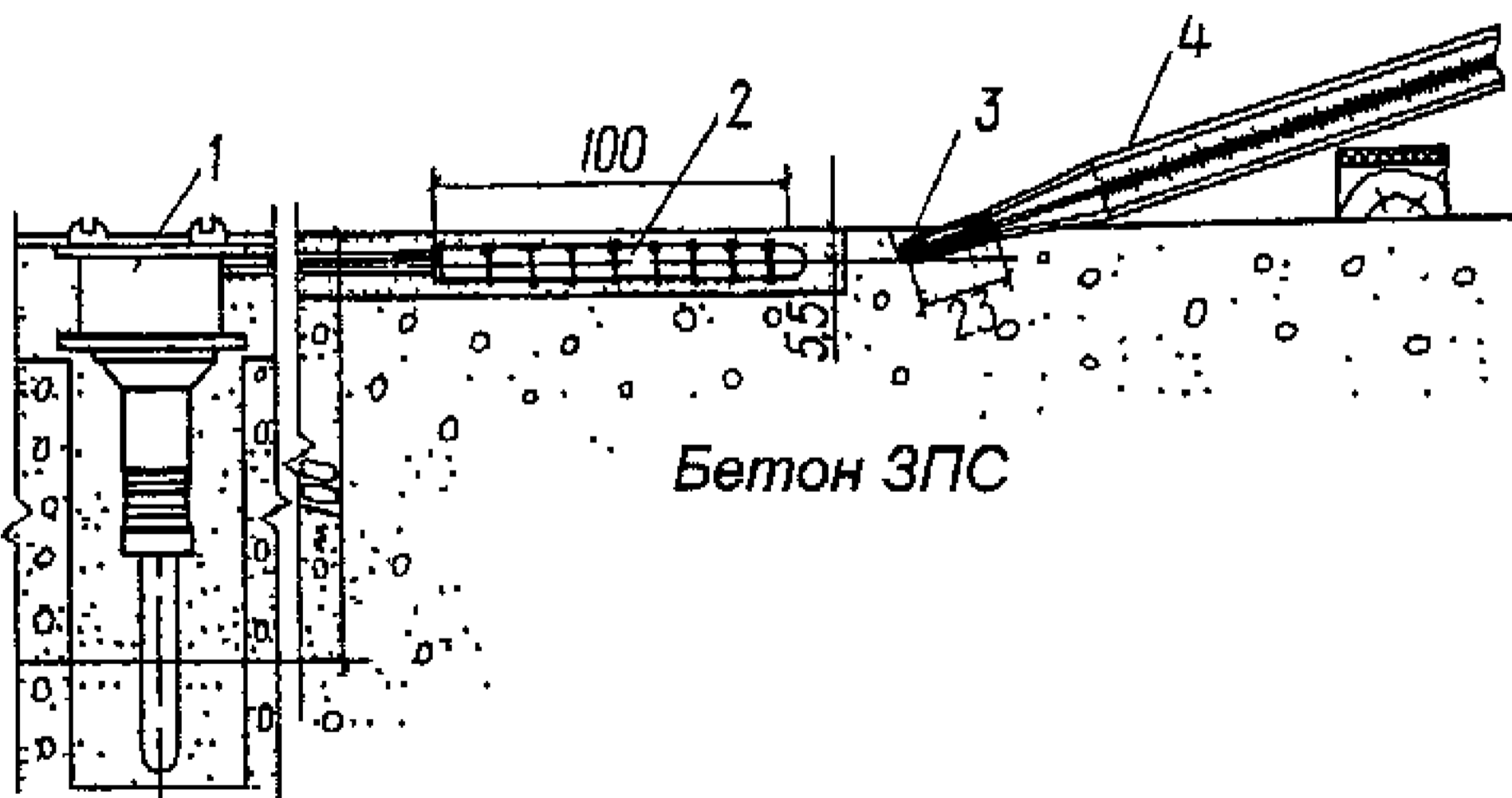


Рис. 4. Схема вимірювання температури поверхні і масиву покриття ЗПС:

1 – датчик температури масиву; 2 – датчик температури поверхні; 3 – виїмка в бетоні; 4 – рідинний зразковий термометр, що може встановлюватися для оперативного контролю показників датчика 2

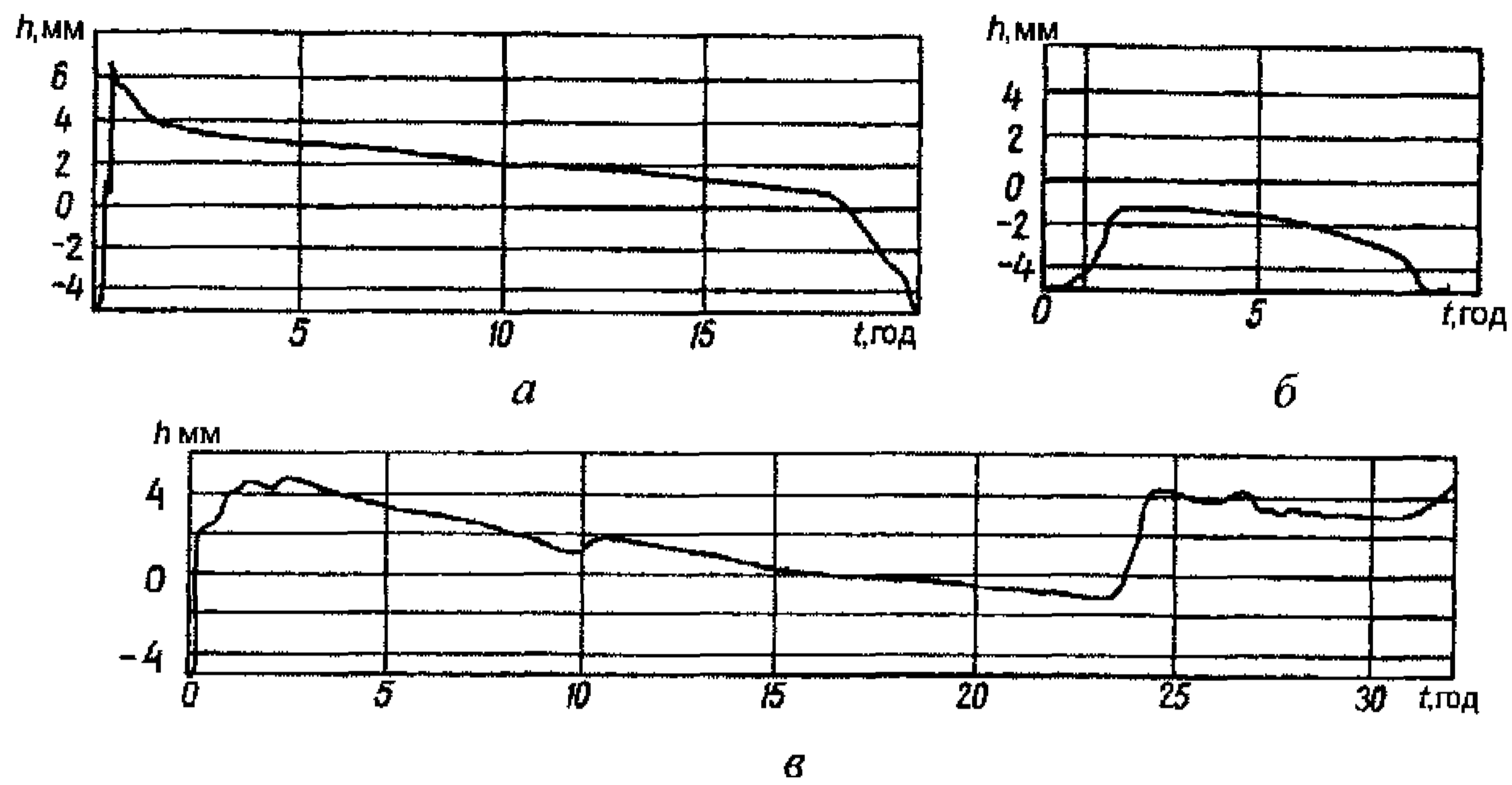


Рис. 5. Зміна глибини шару води на ЗПС в аеропорту Київ під час дощів середньої інтенсивності і тривалості (а), малої інтенсивності і тривалості (б); середньої інтенсивності і довготривалості (в)

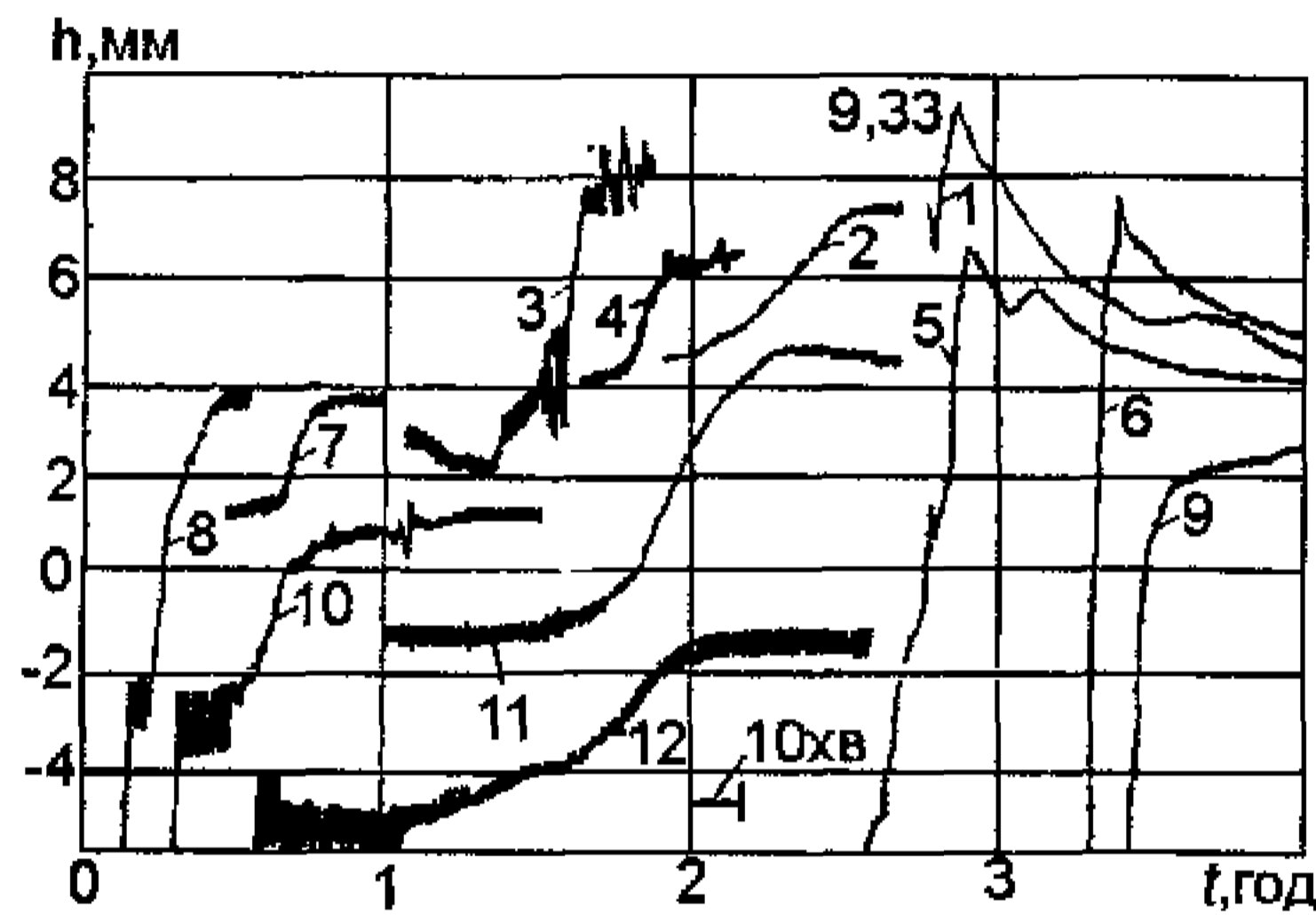


Рис. 6. Запис перехідних процесів під час дощів на ЗПС в аеропорту Київ: 1-12 – номери діаграм

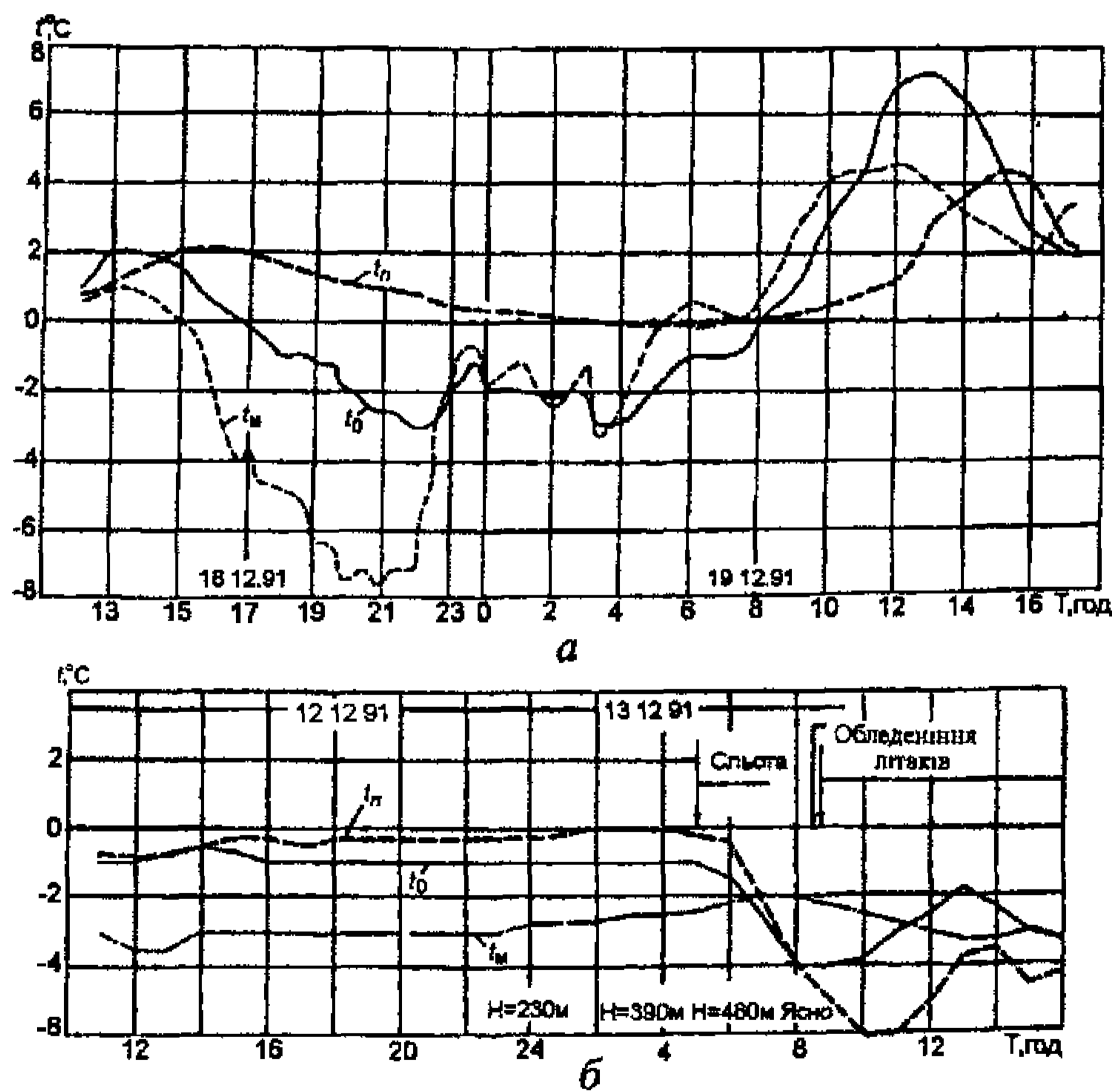


Рис. 7. Зміни температури поверхні t_o , масиву t_m цементно-бетонних покриттів ЗПС і повітря t_n в аеропортах Мінеральні Води (а) та Київ (б) у зимовий час

Спостереження за роботою дистанційної автоматичної системи контролю в аеропортах Київ і Мінеральні Води показали їхню достатню надійність і точність. Датчик глибини шару води пройшов також державну атестацію, за визначенням якої його точність становить 0,4 мм. На рис. 5 наведені діаграми запису змін глибини шару води на ЗПС в аеропорту Київ у місці встановлення датчика під час трьох характерних дощак: дощу середньої інтенсивності і тривалості (а), нетривалому дощу малої інтенсивності, коли калюжі на поверхні ЗПС не всі заповнилися водою, а режим течії на всій поверхні ще не стабілізувався (б), при довготривалому дощу середньої інтенсивності (в).

На рис. 6 наведені ділянки, які були зняті з аналогічних діаграм і характеризують моменти різкої зміни глибини шару води на ЗПС. З цих даних випливає, що суттєва зміна глибини шару води на ЗПС може статися протягом 5–20 хв і виявити таку зміну прийнятими зараз методами неможливо.

На рис. 7 наведені діаграми запису зміни температури поверхні, масиву покриття і температури повітря у грудні в аеропортах Мінеральні Води (а) і Київ (б).

Як випливає з діаграми на рис. 7, а, температура поверхні покриття може бути як більшою, меншою, так і такою, яка дорівнює температурам масиву бетону і повітря. У зимовий час найбільша різниця цих температур не перевищує $\pm 10^{\circ}\text{C}$. У наших дослідках найбільша різниця спостерігалася влітку і досягала 30°C .

Значну увагу привертає до себе діаграма на рис. 7, б, яка була записана вночі з 12 на 13 грудня і вранці 13 грудня 1991 р. Вона відобразила стан поверхні ЗПС, коли внаслідок відсутності даних про температуру на ЗПС через неправильні дії аеродромної служби і керівника польотів в аеропорту Київ раптом біля 8 год ранку 13 грудня льотчиком був зафіксований зліт по ожеледиці. У той час пізно ввечері 12 грудня, вночі і рано вранці 13 грудня прилади працювали автоматично, у дослідному режимі. Експлуатувалися вони не співробітниками аеродромної служби, а фахівцями Національного авіаційного університету. Тільки пізніше ці записи були використані для об'єктивного аналізу ситуації.

У керівника польотів майстром аеродромної служби о 7 год був зроблений запис, що ЗПС без ожеледиці і готова до польотів, на основі чого і був дозволений, як звичайно, зліт біля 8 год.

Одразу після заяви льотчика аеродром був закритий, внаслідок чого 18 рейсів, які летіли до Києва, були направлені на запасні аеродроми.

Крім цього, як показав подальший аналіз діаграм, у зв'язку зі звичайними діями працівників аеродрому без даних про наявність шару води, температуру поверхні покриття і масиву на ЗПС було висипано за 4 год біля 11 т хімреагентів, що призвело до значних економічних витрат аеропорту і забруднення водоймищ у межах міста.

Список літератури

1. *Международные стандарты и рекомендуемая практика. Аэродромы. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Т. 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов*// Изд. ИКАО. – 1990. – 283 с.
2. *Наставление по аэродромной службе в гражданской авиации СССР (НАС–ГА–80)*. – М.: Воздушн. транспорт, 1987. – 287 с.
3. *Эксплуатация аэродромов. Справочник* //Под ред. Л.И. Горького. – М.: Транспорт, 1990. – 287 с.
4. *А.с. МКИ 01.23.14. Датчик глубины слоя жидкости на поверхности покрытия* /Ю.Н. Кривенко, Л.Н. Андрушак. № 1125473; 23.11.84, Бюл. № 43.
5. *Пат. Україна /19 ИА/11/ 14837А, СОІК 1/16. Давач температури поверхонь покриттів*. Ю.М. Кривенко, В.А. Валько, 18.02.97.

Стаття надійшла до редакції 06.11.01.