

а)  $M_a=1$ ; вул. Коновальця; 2/3; 98/72/12; 27000 у.о.; 275.5 у.о./м<sup>2</sup>;

б)  $M_b=0.908$ ; вул. Томашівського; 4/4; 101/72/18; 30000 у.о.; 297 у.о./м<sup>2</sup>;

с)  $M_c=0.779$ ; вул. Петрушевича; 3/5; 87/60/11; 25000 у.о.; 287.4 у.о./м<sup>2</sup>;

д)  $M_d=0.761$ ; вул. Тарнавського; 2/4; 83/56/16; 25500 у.о.; 307.2 у.о./м<sup>2</sup>;

е)  $M_e=0.677$ ; вул. Пекарська; 3/4; 85/54/11; 30000 у.о.; 352.9 у.о./м<sup>2</sup>.

Слід відзначити, що серед п'яти варіантів у перших чотирьох  $S_c$  менша від  $S_{сер}=330.3$  у.о./м<sup>2</sup>.

### Висновки

Метою і сферою використання методу є забезпечення отримання кількісних оцінок якості об'єктів нерухомості, причому одержані на основі методу оцінки дають можливість не тільки порівнювати об'єкти між собою, але і визначити, наскільки один об'єкт кращий або гірший від іншого.

1. Будь-який набір об'єктів моделюємо, виділяємо характерні ознаки, оптимізуємо їх з використанням функції мети (функції компромісу).

2. При оптимізації слід враховувати потенційні можливості об'єкта.

1. Азгальдов Г.Г., Сендерова О.М. *Оценка и атестация качества в строительстве*. М., 1977. 2. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. *О квалиметрии*. М., 1973. 3. Шуп Т. *Решение инженерных задач на ЭВМ*. – М., 1982. 4. Глинський Я.М. *Практикум з інформатики*. – Львів, 1998. 5. Дудзяний І.М. *Використання пакету Mathematica*. – Львів, 1997. 6. Дудзяний І.М., Притула М.М. *Використання пакету Maple V Power Edition*. – Львів, 1999. 7. Дудзяний І.М. *Сучасні засоби розробки інформаційних систем. DELPHI – як середовище для розробки інформаційних систем*. – Львів, 1998. 8. Попов Б.О. *Розв'язування математичних задач у системі комп'ютерної алгебри Maple V*. – К., 2001. 9. Куць В.Р. *Методи оцінювання рівня якості продукції//Вимірювальна техніка та метрологія*. – № 56. – 2000. – С. 130 – 133. 10. Столярчук П.Г., Куць В.Р. *Деякі погляди на можливість вдосконалення методів оцінювання якості продукції// Вісник Ужгородського національного університету, Серія “Економіка”*. Випуск № 7. *Матеріали міжнародної наукової конференції “Системні методи управління та метрологічного забезпечення виробництва”*, Ужгород, 2001. – С. 41 – 44.

УДК 536.3

## ЦИФРОВЕ ДЕКОДУВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕМПЕРАТУРНИЙ СТАН РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

© Петро Ванкевич, Василь Смичок, Олексій Бурнаєв, Сергій Лопатка, 2002

Львівський державний аграрний університет, кафедра механіки, ЛДАУ, 79080, Дубляни, Львів, Україна, Львівський регіональний центр з гідрометеорології, відділ аерології, вул. Спокійна, 32, 79042, Львів,

*Наведено результати розробки, дослідження роботи у несприятливих умовах та оптимізації алгоритму розпізнавання аналогової телеметричної інформації при передачі послідовним каналом зв'язку з високим рівнем завад.*

*Приведены результаты разработки, исследования работы в неблагоприятных условиях и оптимизации алгоритма распознавания аналоговой телеметрической информации при передаче последовательным каналом связи с высоким уровнем помех.*

*The outcomes of development, work research in unfavorable conditions and optimization of an analog telemetering information recognition algorithm for want of to transfer by the sequential channel of connection with a high level of parasites are indicated.*

### Вступ

При вимірюванні неелектричних величин електричними методами виникає проблема передачі на знач-

ні віддалі показів первинних перетворювачів, сигнали яких в аналогових каналах зв'язку найчастіше мають низьку потужність та малий діапазон зміни корисного

сигналу, що може бути сильно спотворений у довгих провідниках. Серед методів, що дають змогу передавати на значні віддалі телеметричну інформацію про температуру динамічних об'єктів, найдешевшим за собівартістю можна вважати імпульсний аналоговий метод передачі даних. Він полягає у тому, що температура (чи довільна інша величина) вимірюється первинним перетворювачем, який змінює свої електричні характеристики і впливає на частоту переривань постійно діючого генератора, що працює у певній фіксованій вузькій смузі частот, які передаються кабелем або радіоканалом. Для контролю стабільності роботи електричних схем залежно від зовнішніх чинників – розряду батарей, зміни зовнішньої температури тощо по чергово з корисним сигналом тим самим каналом зв'язку передаються опорні сигнали, що надходять від спеціально виділених давачів, призначених для компенсації відхилень. Їх частоту називають опорною. Корисних сигналів може бути декілька, вони надходять у певній послідовності, чергуючись між собою та з опорним сигналом. Тривалість кожного із сигналів задається наперед, проте може змінюватись під впливом зовнішніх чинників.

Відношення частоти кожного з корисних сигналів до значення опорної частоти (завжди більшої за них) задається числом, меншим за одиницю, і за допомогою градуювальної таблиці дає змогу встановити реальне значення того чи іншого параметра. Верхні рядки наведених у таблиці транспонованих для зручності матриць містять значення відношення частоти корисного сигналу до опорної частоти. Нижні рядки містять відповідні цим значенням значення температури та вологості. Вказані характеристики належать конкретній парі приладів, що застосовуються для радіозондування верхніх шарів атмосфери, причому для кожного радіозонда разового використання можуть істотно відрізнятись.

Сьогодні мережею аерологічних вимірювань України використовуються здебільшого термістори ММТ-1 для вимірювання температури, покриті фарбою спеціального складу для зниження їх нагрівання прямим сонячним промінням, що враховується також внесенням поправки на сонячну радіацію. Градувальні показники термістора ММТ-1 та давача вологості на основі тваринної плівки аерологічного радіозонда МРЗ

Дані градуювання давача температури

$$K_T := \begin{pmatrix} 0.0393 & 0.0661 & 0.1057 & 0.1605 & 0.2308 & 0.3145 & 0.4063 & 0.4997 & 0.5881 & 0.6670 & 0.7342 & 0.7894 & 0.8336 & 0.8685 & 0.8958 \\ -90 & -80 & -70 & -60 & -50 & -40 & -30 & -20 & -10 & 0 & 10 & 20 & 30 & 40 & 50 \end{pmatrix}^T$$

Дані градуювання давача вологості

$$K_V := \begin{pmatrix} 0.9311 & 0.9010 & 0.8711 & 0.8412 & 0.8112 & 0.7807 & 0.7492 & 0.7158 & 0.6787 & 0.6314 & 0.5555 \\ 100 & 90 & 80 & 70 & 60 & 50 & 40 & 30 & 20 & 10 & 4 \end{pmatrix}^T$$

Температура (1) °С,  
Вологість (2), %

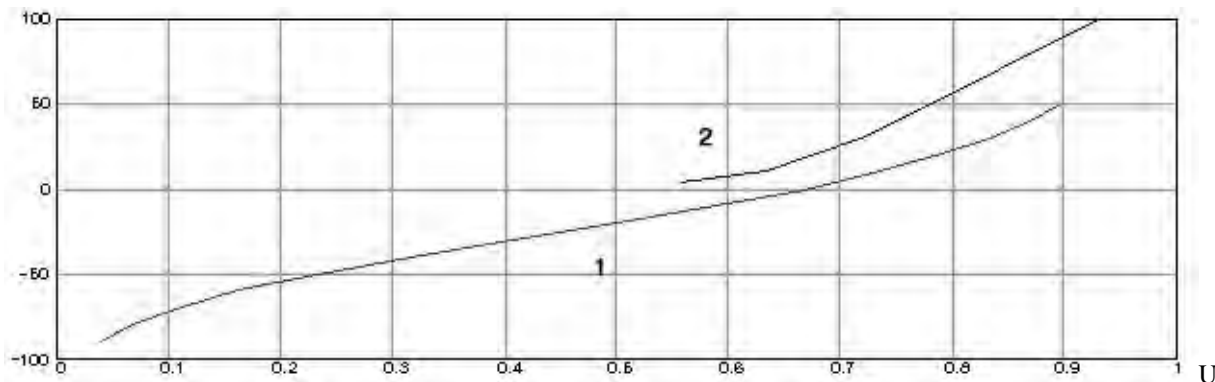


Рис. 1 Графіки переходу від частот до значень вимірюваних параметрів (Абсциса U дорівнює частоті корисного сигналу, поділений на опорну частоту)

При вимірюванні температури повітря важливим додатковим чинником слугує його вологість, тому вона також включена до телеметричної інформації. Вологість у більшості типів радіозондів, що випускають в Україні, вимірюється резистивним давачем, що механічно з'єднаний з розтягнутою тваринною плівкою, яка змінює довжину при зміні вологості і вважається рекордсменом точності при вимірюванні відносної вологості в широкому діапазоні температур від -90 до +50°C. Найвні на ринку західні зразки давачів вологості емнісного типу є неприйнятними для одноразового приладу за ціною, а кустарного місцевого виробництва є незадовільними за якістю.

Вигляд градувальних кривих, побудованих за 100 експериментальними точками у кліматичній камері Інституту гідрометеорології у Києві, що дає змогу створювати довільні комбінації параметрів температура – вологість повітря, показаний на рис. 1.

#### Попередня підготовка даних

Дані радіозондування атмосфери передаються випромінювальною антеною радіозонда, що має тороподібну діаграму спрямованості. При передачі телеметричної інформації шляхом переривань корисного сигналу внаслідок коливань радіозонда на підвісі

оболонки, під час потужної турбулентності при проходженні тропопаузи чи внаслідок відхилень діаграми спрямованості антени від напрямку на зонд, спричиненій поривами приземного вітру, які компенсуються автосупроводом лише з запізненням, регулярно відзначається пропадання каналу зв'язку, що призводить до втрати частини імпульсів і зменшення миттєвої частоти телеметрії, яку вимірюють підраховуючи надходження імпульсів протягом певного періоду. Перешкоди виникають також при перемиканні каналів телеметрії, оскільки в аналоговому зонді момент перемикання ніяк не пов'язаний з кодом, що передається. Вказані перешкоди є короткочасними, і тривають частки секунди. Натомість можливе повне пропадання сигналу внаслідок втрати автосупроводу, проходження зонда через закриту зону (при малих кутах місця внаслідок великого віддалення зонда) з деревами, висотними будівлями, тимчасового вимкнення живлення реєструючого обладнання, його збою тощо.

Для усунення таких недоліків у момент пропадання телеметрії відсутні значення поновлюють інтерполяцією проміжних даних з автоматичним контролем якості, що не допускає великих стрибків даних під час поновлення, заданого формулою (1):

$$\begin{aligned}
 \text{Dani} := & \left\{ \begin{array}{l} f \text{ if } \text{rows}(f) - 1 = \max(f \langle 0 \rangle) - \min(f \langle 0 \rangle) \\ \text{otherwise} \\ \quad t \leftarrow f \langle 0 \rangle \\ \quad F1 \leftarrow f \langle 1 \rangle \\ \quad F2 \leftarrow f \langle 2 \rangle \\ \quad F4 \leftarrow f \langle 4 \rangle \\ \quad F5 \leftarrow f \langle 5 \rangle \\ \quad \text{MiN} \leftarrow \min(t) \\ \quad \text{for } j \in \min(t) .. \max(t) \\ \quad \quad T_{j-\text{MiN}} \leftarrow j \\ \quad \quad \quad \longrightarrow \\ \quad F1 \leftarrow \text{ceil}(\text{linterp}(t, F1, T)) \\ \quad \quad \quad \longrightarrow \\ \quad F2 \leftarrow \text{ceil}(\text{linterp}(t, F2, T)) \\ \quad \quad \quad \longrightarrow \\ \quad F3 \leftarrow T \cdot 0 \\ \quad \quad \quad \longrightarrow \\ \quad F4 \leftarrow \text{ceil}(\text{linterp}(t, F4, T)) \\ \quad \quad \quad \longrightarrow \\ \quad F5 \leftarrow \text{ceil}(\text{linterp}(t, F5, T)) \\ \quad f \leftarrow \text{augment}(\text{augment}(\text{augment}(\text{augment}(\text{augment}(T, F1), F2), F3), F4), F5)
 \end{array} \right. \tag{1}
 \end{aligned}$$

Формула (1) за наявності пропусків у даних формує на основі дослідного файлу щосекундної реєстрації даних телеметрії та положення антени локатора неперервний масив шляхом лінійної інтерполяції між крайніми точками відрізків відсутності даних. Ця процедура є неприпустимою лише в момент проходження тропопаузи, у всіх інших випадках автоматично дає задовільні результати.

У зв'язку з наявністю вологи у повітрі під час вимірювання температури вводять поправку на тиск та відносну вологість, внаслідок чого розраховують віртуальну температуру [3], тобто таку температуру, яку б мало повітря при вилученні з нього наявної водяної пари (формула 2).

#### Віртуальна поправка до температури

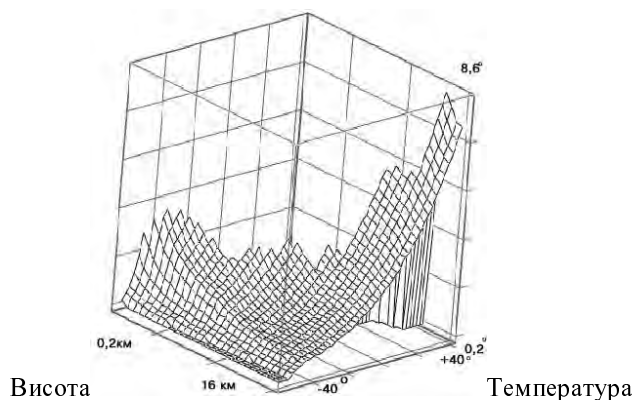


Рис. 2. Загальний вигляд графіка віртуальної температури

На рис. 3 наведено один з численних експериментів по цифровій реєстрації польоту зонда, де у діапазоні висот від 15 до 20 км був відсутній сигнал телеметрії та контролю (опорної частоти). Як видно, звичайна інтерполяція від останньої зареєстрованої на висоті 15 км точки до першої після 20 км результатів не дає.

Як видно з рис. 3, дані є значно зашумленими, проте візуально можна розрізнити три чіткі смуги точок, що відповідають (згори донизу) опорній частоті, частотам вологості та температури. Рівень шуму є значним, особливо наприкінці зондування, на висотах після 20 км при значному віддаленні радіозонда та зниженні рівня сигналу. На нижньому графіку спостерігається "обсипання" точок, пов'язане з пропаданням частини імпульсів впродовж їх підрахунку. Дуже складним є становище з сигналом вологості на початку зондування, до проходження рівня хмарності. Тут візуально відтворити графік на фоні перешкод сигналу практично неможливо. Це можна зробити лише розглянутими далі цифровими методами з урахуванням послідовності слідування різних каналів телеметрії.

Якщо термістор знаходиться під дією прямих сонячних променів (при денних зондуваннях або випусках при малих кутах Сонця під горизонтом при польоті на великих висотах), і цього уникнути неможливо, навіть покриттям спеціальною фарбою, що неістотно збільшує інерцію термістора, але має високе альbedo, вводять наперед задокументовану температурну поправку на висоту Сонця та висоту зонда над землею.

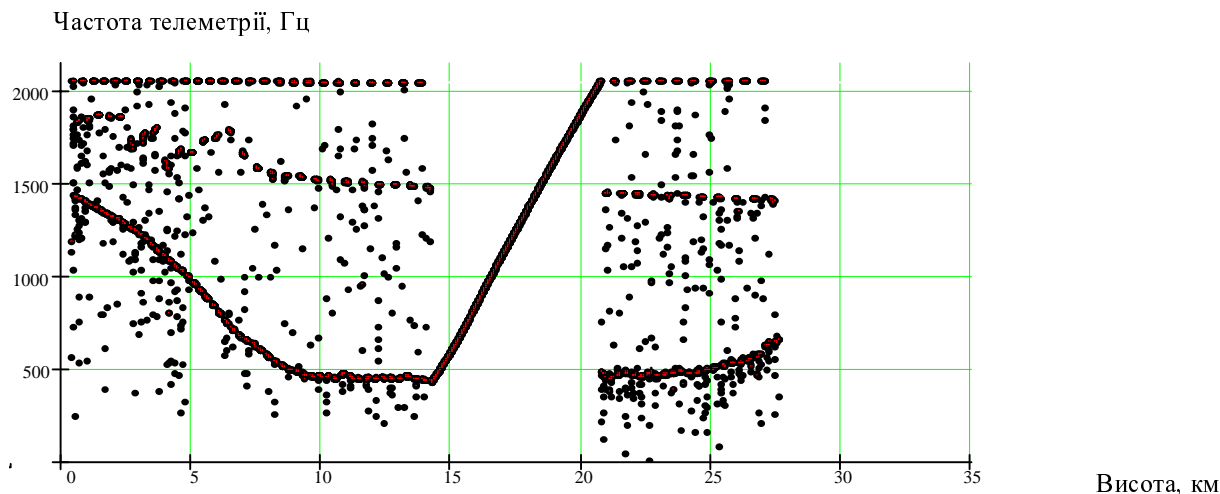


Рис. 3. Графік зареєстрованих нерозділених телеметричних частот з пропуском значень, помилково інтерпольованих первинним реєстратором прямою лінією

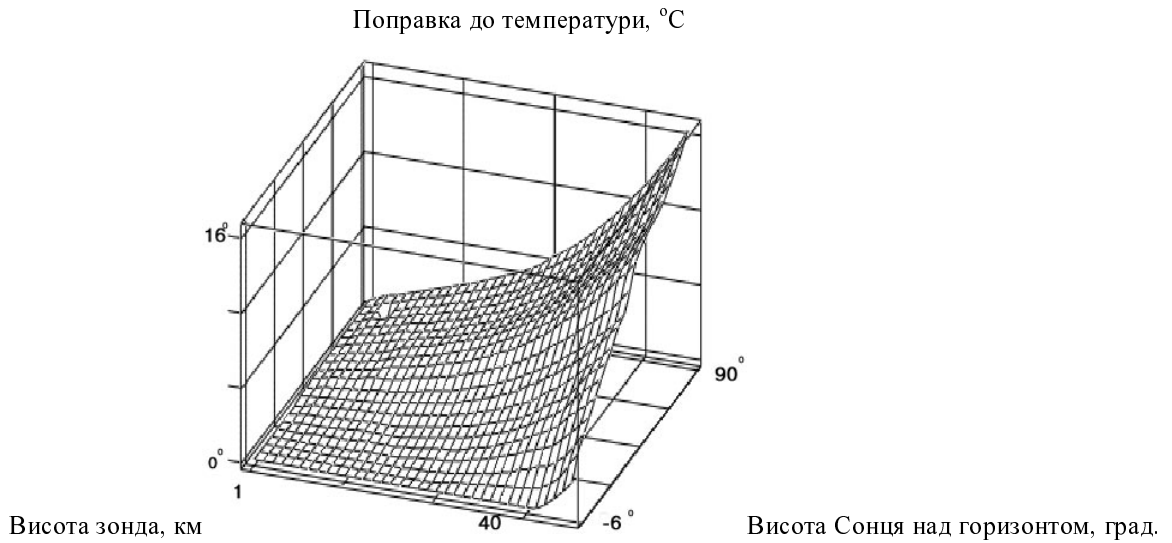


Рис. 4. Вигляд графіка поправки на сонячну радіацію для термістора радіозонда МРЗ на різних висотах над землею

Для знаходження усіх поправок (для різних типів термісторів таблиці поправок різні) використовують табличні дані, занесені у файли бази даних поправок. Оскільки дані таблиці є дискретними, і реальні значення аргументів практично ніколи не збігаються з

табличними, проміжні значення поправок знаходимо за алгоритмом просторової лінійної інтерполяції, що виконується за формулою (2), вхідними даними якої є матриця таблиці поправок R та значення висоти Сонця та висоти зонда, а вихідним значенням є поправка:

$$\Delta T(D, \delta, R) := \begin{cases} H \leftarrow 0 & \text{if } (\delta < -40) + (\delta > 40) \\ \text{otherwise} \\ \quad AN \leftarrow 0 \\ \quad DN \leftarrow 0 \\ \quad \text{for } k \in 1..49 \\ \quad \quad \text{if } (\delta \leq R_{0,k}) \cdot (\delta > R_{0,k+1}) \\ \quad \quad \quad AN \leftarrow k \\ \quad \quad \quad \text{break} \\ \quad \text{for } j \in 1..27 \\ \quad \quad \text{if } (D \leq R_{j,0}) \cdot (D > R_{j+1,0}) \\ \quad \quad \quad DN \leftarrow j \\ \quad \quad \quad \text{break} \\ \quad H1 \leftarrow R_{DN,AN} + \left( \frac{\delta - R_{0,AN}}{R_{0,AN+1} - R_{0,AN}} \right) \cdot (R_{DN,AN+1} - R_{DN,AN}) \\ \quad H2 \leftarrow R_{DN+1,AN} + \left( \frac{\delta - R_{0,AN}}{R_{0,AN+1} - R_{0,AN}} \right) \cdot (R_{DN+1,AN+1} - R_{DN+1,AN}) \\ \quad H \leftarrow H1 + \left( \frac{D - R_{DN,0}}{R_{DN+1,0} - R_{DN,0}} \right) \cdot (H2 - H1) \\ \quad H \leftarrow 0 & \text{if } (H > 9) + (H < 0) \\ \quad H \end{cases} \quad (2)$$

Перед виконанням процедури (2) необхідно мати параметри температури і вологості без поправок, які знаходимо на основі графіка рис. 3. Пропонований алгоритм полягає в тому, щоб спочатку з усіх частот виділити опорну, що характеризується відносною стабільністю та розміщенням частот у межах 1980–2060 Гц, заданих нормативними документами на радіозонд [3, 4]. У разі виходу опорної частоти за ці межі дані зондування бракуються.

Для знаходження опорної частоти насамперед вимагається потрапляння сигналу у задані межі. Якщо

ж у ці межі потрапляє випадково і корисний сигнал (за відомчим нормативом, частота корисного сигналу не може наблизитись до опорної ближче за певну межу, що також є характерною ознакою, корисною для розпізнавання. Проте радіозонди останніх років випуску, що використовуються на АС-Львів, відомчі нормативи часто порушують), а також його викиди, останні відкидаються за допомогою перевірки з використанням функцій нелінійного згладжування та умови гладкості кривої сигналу. Ступінь гладкості вибирається при атестації алгоритму (4).

$$\begin{array}{l}
 F\_OP := \left\{ \begin{array}{l}
 F\_OP \leftarrow 0 \\
 k \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0.. \text{length}(t) - 1 \\
 \quad \text{if } (F_i > 2000) \cdot (F_i < 2160) \\
 \quad \quad \left\{ \begin{array}{l}
 F\_OP_{k,0} \leftarrow t_i \\
 F\_OP_{k,1} \leftarrow F_i \\
 k \leftarrow k + 1
 \end{array} \right. \\
 F\_OP \leftarrow \left( \begin{array}{c}
 F\_OP \langle 0 \rangle \\
 \text{medsmooth}(F\_OP \langle 1 \rangle, 111)
 \end{array} \right)
 \end{array} \right. \quad (3)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 F\_OP := \left\{ \begin{array}{l}
 F\_OP1 \leftarrow 0 \\
 k \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0.. \text{length}(F\_OP_0) - 40 \\
 \quad \text{if } \left[ \left| (F\_OP1)_i - (F\_OP1)_{i+39} \right| < 20 \right] \\
 \quad \quad \left\{ \begin{array}{l}
 F\_OP1_{k,0} \leftarrow (F\_OP_0)_i \\
 F\_OP1_{k,1} \leftarrow (F\_OP1)_i \\
 k \leftarrow k + 1
 \end{array} \right. \\
 k \leftarrow k - 1 \\
 \text{for } i \in \text{length}(F\_OP_0) - 39.. \text{length}(F\_OP_0) - 1 \\
 \quad \text{if } \left[ \left| (F\_OP1)_i - (F\_OP1)_{i-39} \right| < 20 \right] \\
 \quad \quad \left\{ \begin{array}{l}
 F\_OP1_{k,0} \leftarrow (F\_OP_0)_i \\
 F\_OP1_{k,1} \leftarrow (F\_OP1)_i \\
 k \leftarrow k + 1
 \end{array} \right. \\
 F\_OP1 \leftarrow \left( \begin{array}{c}
 F\_OP1 \langle 0 \rangle \\
 \text{medsmooth}(F\_OP1 \langle 1 \rangle, 111)
 \end{array} \right)
 \end{array} \right. \quad (4)
 \end{array}$$

Набір команд (3) виконує первинну фільтрацію даних за ознакою потрапляння значень у нормативні межі. Дані, що залишилися після фільтрації, згладжуються вбудованою функцією MathCad згладженням по медіані, параметр якої (111 точок усереднення) встановлений шляхом численних експериментів над даними різних випусків і придатний практично для довільно спотворених даних.

Результуючий масив даних опорної частоти  $F_{OP}$  є проміжним, він не враховує втрачених внаслідок шуму точок, що знаходяться у близькому околі нормативної смуги. У наступних процедурах пошуку корисних сигналів необхідно точно знати часові межі початку та завершення передачі опорної частоти, тому нехтування втраченими точками або “захоплення” частот корисного сигналу, що потрапили у смугу опорної частоти, призводить до незадовільних результатів. Тому наступним обов’язковим кроком є відсів точок, що сильно різняться за значенням від сусідніх (наступних чи попередніх або через кілька секундних інтервалів). Дослідження показали, що цей фільтр є найефективніший при порівнянні точок опорної частоти, віддалених на 40 с одна від одної (4). Отриманий результат знову згладжується. Результат виділення опорної частоти показано на рис. 5, причому вона встановлена також на проміжку пропадання сигналу на висотах 15...20 км.

У телеметричному каналі сигнали циклічно слідуєть у послідовності “опорна частота – температура – вологість – температура – опорна...”, тобто температура вимірюється і передається вдвічі частіше ніж вологість та опорна частота. Враховуючи, що сучасні радіозонди, а особливо львівського виробництва, не мають чітких часових меж перемикання каналів, і ці межі змінюються у польоті зонда як внаслідок зовнішніх чинників, так і розряду батарей, простим відновленням каналів температури та вологості, є поділ на три частини часового проміжку між закінченням одного з сигналів опорної частоти та початком наступного. Необхідно “викинути” певну кількість точок на границях сигналів, щоб позбутись викидів від перемикання каналів та можливої нерівномірності у часі перемикання каналів.

Процедура (5) визначає на основі відомих часових інтервалів наявності опорного сигналу частоти усіх інших корисних сигналів, що мають наперед зумовлену послідовність і тривалість, які під час роботи можуть бути спотворені.

При перемиканні вимірjувальних каналів виникають збійні точки у телеметрії, тому кінці відрізків, близькі у часі до точок перемикання, з розгляду виключені, а величини відкинутих відрізків встановлюються дослідно при настроюванні програми.

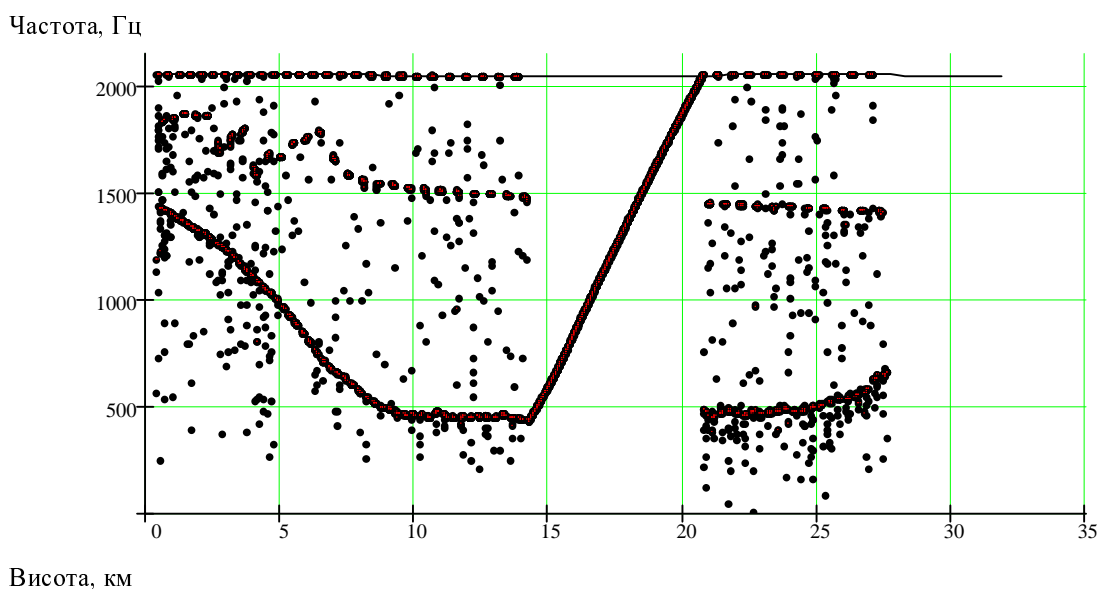


Рис. 5. Первинні дані з нанесеною лінією розпізнаного опорного сигналу, у тому числі в області відсутності телеметрії (15 – 20 км)

$$\begin{aligned}
 TV(\Delta) := & \left| \begin{array}{l}
 T \leftarrow 0 \\
 V \leftarrow 0 \\
 wT \leftarrow 0 \\
 wV \leftarrow 0 \\
 \text{for } k \in 0.. \text{length}(\text{start}) - 1 \\
 \text{if } (\text{start}_k > 0) \cdot (\text{stop}_k - \text{start}_k > 12) \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 \text{num} \leftarrow \text{floor} \left( \frac{\text{stop}_k - \text{start}_k + 1}{3} \right) \\
 \text{for } j \in \Delta.. \text{num} - \Delta \\
 \text{if } \left| f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j}} - f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j-1}} \right| < 7 \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 T_{wT,0} \leftarrow \text{start}_k + j \\
 T_{wT,1} \leftarrow f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j}} \\
 wT \leftarrow wT + 1
 \end{array} \right. \\
 \text{for } j \in 2 \cdot \text{num} + \Delta.. 3 \cdot \text{num} - \Delta \\
 \text{if } \left| f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j}} - f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j-1}} \right| < 7 \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 T_{wT,0} \leftarrow \text{start}_k + j \\
 T_{wT,1} \leftarrow f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j}} \\
 wT \leftarrow wT + 1
 \end{array} \right. \\
 \text{for } j \in \text{num} + \Delta.. 2 \cdot \text{num} - \Delta \\
 \text{if } \left| f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j}} - f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j-1}} \right| < 15 \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 V_{wV,0} \leftarrow \text{start}_k + j \\
 V_{wV,1} \leftarrow f_{\text{Num}_{\text{start}_k+j}} \\
 wV \leftarrow wV + 1
 \end{array} \right. \\
 T \leftarrow \left( \begin{array}{c} T \langle 0 \rangle \\ \text{ksmooth}(T \langle 0 \rangle, \text{medsmooth}(T \langle 1 \rangle, 19), 17) \end{array} \right) \\
 V \leftarrow \left( \begin{array}{c} V \langle 0 \rangle \\ \text{ksmooth}(V \langle 0 \rangle, \text{medsmooth}(V \langle 1 \rangle, 17), 17) \end{array} \right) \\
 \left( \begin{array}{c} T \\ V \end{array} \right)
 \end{array} \right. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Крім наведеного вище, процедура (5) наприкінці виконує згладжування результатів відділення каналів, причому принципи роботи застосованих послідовно один за одним вбудованих згладжуючих алгоритмів мови Mathcad залишається невідомим, а керуючі параметри згладження підібрані на основі численних експериментів і можуть вважатись для проблем атмосферного зондування універсальними. Відмова від пропонованого кінцевого згладження дає у результаті незадовільні наслідки, що робить практично неможливим перенесення цього алгоритму на іншу мову програмування без консультацій з авторами Mathcad щодо суті цих процедур.

Наступним кроком є робота з первинними розділеними даними для їх подальшої фільтрації, відкидання шумів, зокрема від інших каналів, поновлення втрачених точок при "обрізанні" кінців відрізків. Критеріями для пошуку втрачених даних та для відбракування наявних є їх відстань від опорної частоти, від частоти сигналу вологості та заборона різких зламів і стрибків на кривій температури (внаслідок "перехоплення" частоти іншого сигналу при зміщенні). "Захоплюються" також близькі точки до попередньо розпізнаних, якщо вони одночасно є далекими від частот інших сигналів. Слід також додати можливість відсутності у кількох циклах сигналу опорної частоти, що могло б викликати поділ відрізка між двома опорними на три із стрибками у даних. Особлива увага приділяється також початковій стадії польоту зонда, коли частоти температури і вологості є близькими.

$$\begin{aligned}
 T := & \left| \begin{array}{l}
 R \leftarrow 0 \\
 k \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0.. \text{End} \\
 \text{if } \left[ \left| (\text{linterp}(T_0, T_1, t_i) - f_i) \right| < 45 \right] \cdot \left[ \left| (\text{linterp}(V_0, V_1, t_i) - f_i) \right| > 5 \right] \cdot \left[ \left| (\text{linterp}(F_{OP_0}, F_{OP_1}, t_i) - f_i) \right| > 10 \right] \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 R_{k,0} \leftarrow t_i \\
 R_{k,1} \leftarrow f_i \\
 k \leftarrow k + 1
 \end{array} \right. \\
 R \leftarrow \left( \begin{array}{c} R \langle 0 \rangle \\ \text{medsmooth}(R \langle 1 \rangle, 21) \end{array} \right)
 \end{array} \right. \quad (6)
 \end{aligned}$$



На основi знайденої частоти температури процедури (6,7) контролюють вiдповiднiсть точок показам температури, перевiряючи близькiсть сусiднiх у часi точок i заборони рiзких зламiв у кривiй температури, що фiзично неможливо. Усi пiдозрiлi точки автоматично вiдбраковуються та замiнюються iнтерполяцiєю, результати обов'язково пiдлягають згладжуванню, проте з iстотно меншим за опорну частоту кроком усереднення, пiдбраним експериментально.

```

T :=
  k ← 0
  z ← 0
  G0 ← 0
  G1 ← 0
  for i ∈ 0..length(T0) - 2
    G0k ← (T0)i
    G1k ← (T1)i
    k ← k + 1
    if [(T0)i+1 - (T0)i] > 1
      if k > 3
        R0z ← ceil(median(G0))
        R1z ← median(G1)
        z ← z + 1
        G0 ← 0
        G1 ← 0
        k ← 0
  ( R0 )
  ( R1 )
    
```

(7)

Процедура (7) групує близькi у часi точки появи телеметричного каналу температури, i усереднює цi блоки за їх медiаною (а не за середнiм значенням), що дає змогу ефективно уникати рiзких викидiв, що можуть залишитись вiд попереднiх цифрових фiльтрiв. Результат виконання останнiх процедур видно на рис. 6, причому слiд додати, що, незважаючи на видиму складнiсть алгоритму, жоден iз наявних у ньому компонентiв не може бути лiквiдованим, оскiльки це вiдразу призводить до незадовiльних результатiв, що легко помiтнi навiть вiзуально.

Як видно з рис. 6, лiнii успішно повторюють усi коливання трьох графiкiв, прийнятих у послiдовному каналi без мiток перемикання пристроiв. У разi вiдсутностi сигналу усi три кривi успішно iнтерпольованi, чому не стала перешкодою навiть початкова груба iнтерполяцiя при реєстрацiї даних.

Для переведення телеметричної частоти у значення температури та вологостi використовують перевiднi кривi з таблицi. За допомогою процедури (8) отримуються значення температури та вологостi залежно вiд часу реєстрацiї (в секундах). Функцiя векторизацiї обчислень дає змогу значно прискорити розрахунки iнтерпретатором MathCad, причому розмiри масивiв можуть сягати десяткiв мегабайт, а час розрахунку – десяткiв секунд.

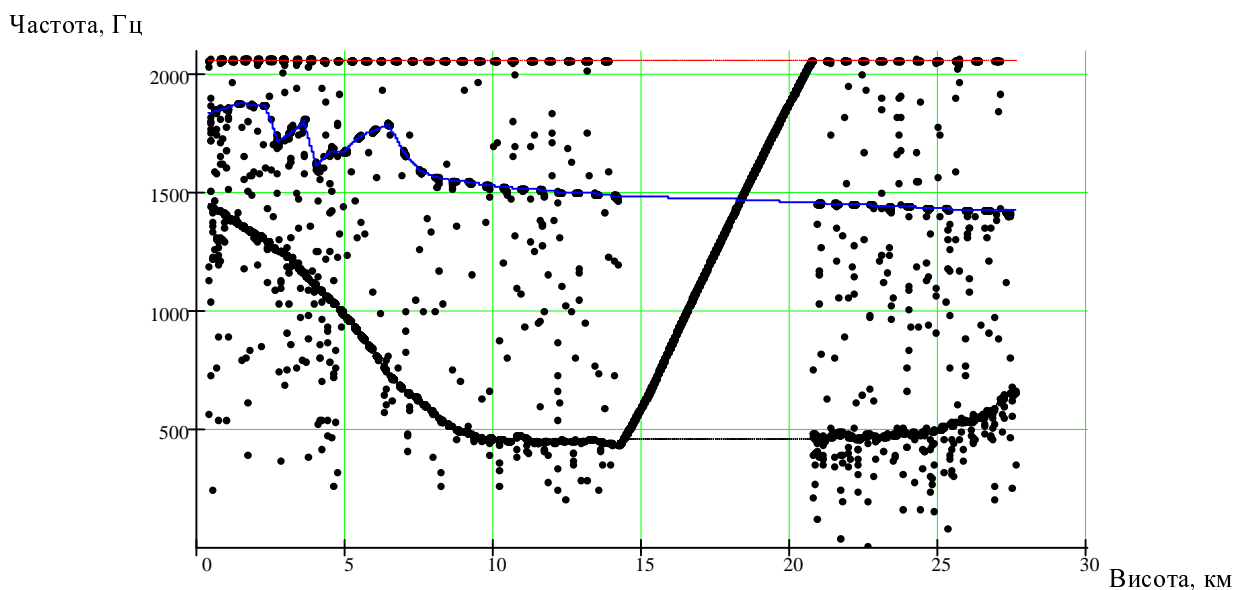


Рис. 6. Первиннi телеметричнi данi (чорнi крапки) та розпiзнанi канали температури, вологостi та опорної частоти (суцiльнi лiнii) з урахуванням вiдновлених пропускiв при вiдсутностi сигналу

Час польоту зонда, с

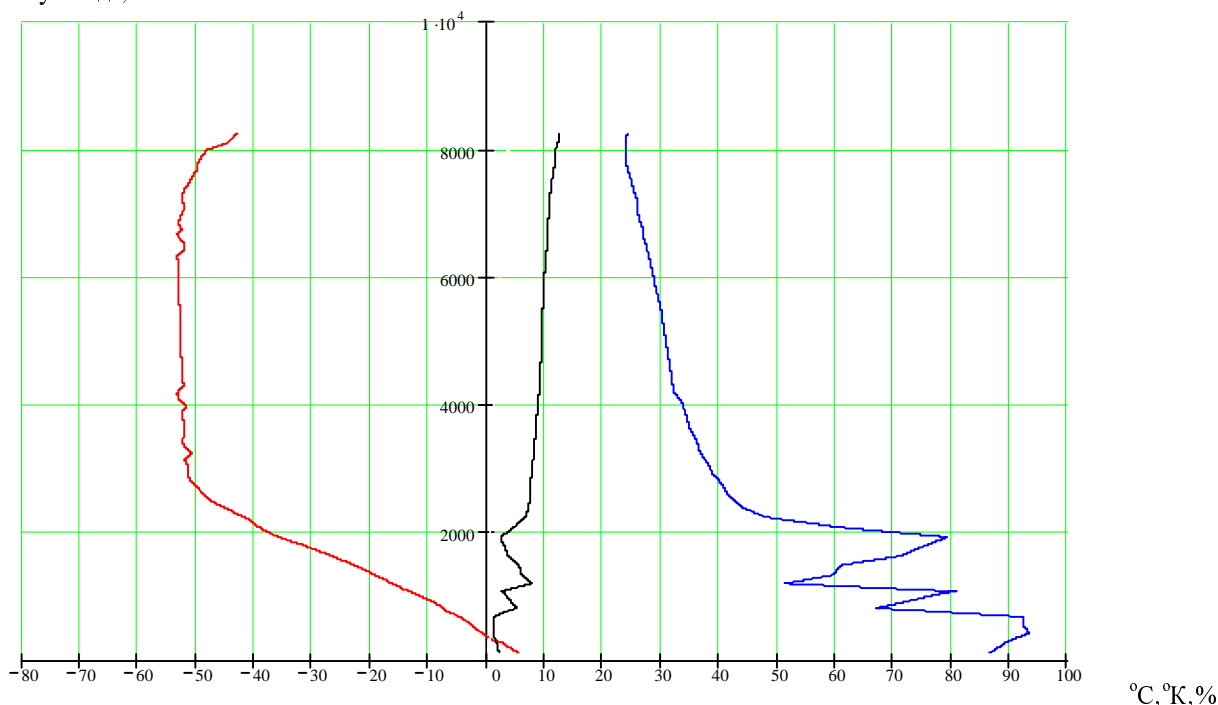


Рис. 7. Загальний вигляд розшифрованих результатів вимірювання  
(зліва направо – температура, дефіцит точки роси, вологість, шкала спільна)

Слід зауважити, що (8) одночасно знаходять значення температури та вологості для часових моментів реальної реєстрації цих показників, а для усіх інших моментів часу польоту зонда виконується лінійна інтерполяція.

$$TV^{(0)} := \overrightarrow{\text{linterp}} \left[ K_T^{(0)}, K_T^{(1)}, \frac{(FTV_1)}{(FTV_0)} \right] \quad (8)$$

$$TV^{(1)} := \overrightarrow{\text{linterp}} \left[ K_V^{(0)}, K_V^{(1)}, \frac{(FTV_2)}{(FTV_0)} \right]$$

Результати виконання процедур розділення даних частоти, встановлення на їх основі значень температури та вологості, визначення поправок і розрахунку супутніх необхідних для оперативного застосування у аерології та авіації показників стану атмосфери подано на рис. 7.

### Висновки

Метод кодування телеметричного сигналу за допомогою імпульсного сигналу відомий давно і використовується як для кабельної, так і для радіопередачі сигналів первинних чутливих елементів без їх спотворення. Проте внаслідок наявності перешкод у каналі зв'язку спотворюється як сам сигнал, так і контрольна опорна частота. При традиційній реєстрації та ручному

опрацюванні сигналу проблеми з перешкодами бере на себе оператор, що вручну відкидає непотрібні точки з графіка (їх добре видно на рис. 3, 5, 6). Гранично можливо обробляти дані з інтервалом 30 с у часі. При тривалому ж динамічному експерименті кількість точок є значною, що виключає ручну обробку даних.

Запропонований набір алгоритмів дав змогу повністю автоматизувати фільтрування завад, відділення каналів телеметричного сигналу та контролю, відновлення втрачених даних. Апробація цього алгоритму на численних дистанційних експериментах дала змогу усунути усі недоліки, виявити практично усі можливі випадки некоректної роботи алгоритму та ліквідувати можливість їх появи. Апаратно-програмний комплекс для аерологічного зондування атмосфери, що використовує цю розробку як одну із ключових ланок, пройшов відомчі випробування і рекомендований до впровадження на аерологічних станціях України.

1. Тюрин Н.И. Введение в метрологию. – М.: 1985.
2. Бучинский И.Е. О вертикальном температурном градиенте на Украине. Труды УкрНИГМИ, вып. 4, 1955.
3. Ефимов А.А. Учебное пособие по АВК-1. – М., 1988.
4. Код для передачи данных вертикального зондирования атмосферы КН-04 (FM.35E TEMP, FM. 36 TEMP SHIP). – Л., 1971.
5. Код для передачи данных ветрового зондирования атмосферы КН-03 (FM.35E PILOT, FM. 36 PILOT SHIP). – Л., 1971.