

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

О.С. Лімонов, Т.М. Пустовіт, К.О. Дяченко

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО  
МОНІТОРИНГУ**

Конспект лекцій

Одеса  
2016

**ББК 32.97**  
**Л 58**  
**УДК 681.3**

*Друкується за рішенням Вченої Ради Одеського державного екологічного університету (протокол №       від „       ”       2016 р.).*

О.С. Лімонов, Т.М. Пустовіт, К.О. Дяченко  
Інтелектуальні системи комп'ютерного моніторингу: Конспект лекцій. -  
Одеський державний екологічний університет. – Одеса, 2016 р. – 74 с.

В конспекті лекцій розглянуті контролюючі параметри і нормування комп'ютерної моніторингової інформації, інтелектуальні системи комп'ютерного моніторингу та способи зв'язку інтелектуальних систем комп'ютерного моніторингу навколишнього середовища. Конспект лекцій призначений для студентів магістерської підготовки, спеціальність «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг»

ISBN

© Одеський державний  
екологічний університет, 2016

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	5
<b>1 КОНТРОЛЮЮЧІ ПАРАМЕТРИ ТА НОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОНІТОРИНГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ</b> .....	6
1.1 Нормування якості моніторингового середовища.....	6
1.1.1 Гранично допустимі норми впливу на моніторингове середовище..	6
1.1.2 Нормування якості повітря.....	7
1.1.3 Оцінка забруднення повітря.....	8
1.2 Структура та завдання гідрометеослужби з моніторингової інформації навколишнього середовища.....	11
1.2.1 Рівні системи моніторингу та оцінки навколишнього середовища..	11
1.2.2 Структура та завдання Державної служби з гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища.....	12
1.3 Інтелектуальні комп'ютерні технології в екологічному моніторингу.....	14
1.3.1 Моніторингова експертна система.....	14
1.3.2 Інтегровані екоінформаційні системи.....	15
<b>2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b> .....	18
2.1 Інтелектуальні системи моніторингу атмосфери.....	18
2.1.1 Наземна підсистема одержання даних.....	18
2.1.2 Вимірювальний метеорологічний комплекс «Тропосфера».....	19
2.1.3 Автоматизована метеорологічна аеродромна станція АМАС-АВІА	24
2.2 Інтелектуальні системи моніторингу гідросфери.....	33
2.2.1 Методи та засоби контролю стану гідросфери Землі.....	35
2.3 Інтелектуальні системи моніторингу суші та геологічного середовища.....	38
2.3.1 Моніторинг ґрунту.....	38
2.3.2 Методи дистанційного зондування.....	39
2.4 Інтелектуальні системи радіолокаційного моніторингу.....	41
2.4.1 Автоматизований наземний метеорологічний радіолокаційний комплекс «Метеоячейка».....	41
2.4.2 Програмне забезпечення .....	44
2.4.3 Апаратно-програмні засоби вітрового зондування атмосфери.....	46
2.4.4 Оптичні та радарні вітрові профайлери.....	49
2.5 Інтелектуальні системи моніторингу навколосемних просторів.....	54
2.5.1 Апаратура метеорологічного супутника Землі.....	54
2.5.2 Наземний комплекс приймання супутникової інформації.....	56
2.5.3 Космічні апарати дистанційного зондування.....	58
2.5.4 Приймання супутникової інформації.....	61

<b>3</b>	<b>ЗАСОБИ ЗВ'ЯЗКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>63</b>
3.1	Сучасні телекомунікаційні технології.....	63
3.1.1	Кабельне середовище.....	65
3.2	Бездротове середовище.....	67
3.2.1	Супутникові канали.....	67
3.2.2	Бездротові локальні мережі.....	69
3.2.3	Мобільний доступ до інформаційних мереж.....	71
	<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>74</b>

## ПЕРЕДМОВА

Завдання дисципліни полягає у вивченні принципів роботи та приладів інтелектуальних засобів комп'ютерного моніторингу навколишнього середовища, перспективи їх розвитку.

Інтелектуальні системи комп'ютерного моніторингу навколишнього середовища широко використовуються в системах обробки гідрометеорологічної інформації, аналізу параметрів атмосфери, дистанційного моніторингу, радіолокаційної та супутникової метеоінформації. В комп'ютерний моніторинг навколишнього середовища входять визначення різних параметрів і нормування моніторингової інформації. Інтелектуальні системи комп'ютерного моніторингу включають: системи моніторингу атмосфери, гідросфери, суші і геологічного середовища, навколоземного простору, радіолокаційного моніторингу. У конспекті розглядаються способи зв'язку інтелектуальних систем – сучасні способи цифрового зв'язку та ущільнення інформації. Конспект лекцій призначений для студентів магістерської підготовки спеціалізація комп'ютерний еколого-економічний моніторинг.

# **1 КОНТРОЛЮЮЧІ ПАРАМЕТРИ ТА НОРМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОНІТОРИНГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

## **1.1 Нормування якості моніторингового середовища**

### **1.1.1 Гранично допустимі норми впливу на моніторингове середовище**

Відповідно до природоохоронного законодавства України нормування якості навколишнього природного середовища проводиться з метою встановлення гранично допустимих норм впливу, що гарантують екологічну безпеку населення, збереження генофонду, що забезпечують раціональне використання та відтворення природних ресурсів в умовах сталого розвитку господарської діяльності. При цьому під впливом розуміється антропогенна діяльність, яка пов'язана з реалізацією економічних, рекреаційних, культурних інтересів, що вносить фізичні, хімічні, біологічні інтереси в навколишнє середовище.

Припустимим вважається навантаження, під впливом якого відхилення системи від нормального стану не перевищує природніх змін і не веде до погіршення якості середовища.

Шкідливими називають речовини, вплив яких на біологічні системи може привести до негативних наслідків. Усі ксенобіотики (чужорідні для живих організмів синтетичні речовини) розглядаються як шкідливі.

Поріг шкідливого впливу – це мінімальна доза речовини, при впливі якої в організмі виникають зміни, що виходять за межі фізіологічних реакцій або схована тимчасово компенсована патологія.

Гранично допустимі концентрації (ГПК) – нормативи, що встановлюють концентрації шкідливої речовини в одиниці об'єму повітря, які при впливі за певний проміжок години не викликають несприятливих наслідків у людини і його потомства.

Токсичність – здатність речовин порушувати фізіологічні функції організму, що приводить до його загибелі – це захід несумісності речовини з життям.

Токсична доза – кількість речовини, яка віднесена до одиниці живої маси з певним токсичним ефектом. Чим менша токсична доза, тим вища токсичність. Розрізняють: середньо смертельні (ЛД<sub>50</sub>), абсолютно смертельні (ЛД<sub>100</sub>), мінімально смертельні (ЛД<sub>0</sub>) і т.д. Цифри в індексі – це % появи певного токсичного ефекту (смерть) в групі піддослідних тварин.

Санітарно-гігієнічні та екологічні нормативи не вказують на джерело впливу і не регулюють його діяльність.

Вимоги до джерел впливу відбивають науково-технічні нормативи, до них нормативи викидів (ПДВ) і скидів (ПДС) шкідливих речовин.

Науково-технічне нормування припускає введення обмежень діяльності відносно забруднення навколишнього середовища.

ПДВ – це маса речовини в газах, що відходять, максимально допустимі до викиду в атмосферу за одиницю години.

ПДС – маса речовини в стічних водах, максимально допустимих до проведення з установленим режимом у даному пункті водяного об'єкту за одиницю години з метою забезпечення норм якості води дуже низькі.

### 1.1.2 Нормування якості повітря

Якість атмосферного повітря – це сукупність властивостей атмосфери, що визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і екологічних факторів на людей, тваринний і рослинний світ, а також на навколишнє середовище в цілому.

Нормативами якості повітря визначені допустимі межі змісту шкідливих речовин як у виробничій, так і степовій зоні (розміщення житлового фонду).

Гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі робочої зони ( $P_{\text{дкрз}}$ ) – це концентрація при щоденній (крім вихідних днів) роботі в 8 годин або при іншій тривалості, але не більш 48 годин тиждень протягом усього робочого стажу не повинне викликати захворювань або відхилення в стані здоров'я.

Це норматив, що обмежує впливи шкідливої речовини на дорослу працездатну частину населення протягом періоду часу, установленого трудовим законодавством.

Гранично допустима концентрація максимально разова  $P_{\text{дквр}}$  – це концентрація шкідливої речовини в повітрі населених місць, що не викликає протягом 10 хвилин рефлекторних реакцій в організмі людини.

Гранично допустима концентрація середньодобова  $P_{\text{дкдк}}$  – це концентрація шкідливої речовини в повітрі населених місць, яка не повинна виявляти на людину прямого або непрямого впливу при необмежено боргом (роки) вдиханні.

Поняття  $P_{\text{дквр}}$  використовується при встановленні граничних допустимих викидів забруднюючих речовин. В результаті розсіювання домішок у повітрі при несприятливих метеоумовах концентрація шкідливої речовини в границях захисної зони не повинна в будь-який момент перевищувати  $P_{\text{дквр}}$ .

Комплексний показник забруднення атмосфери спільно з декількома забруднюючими речовинами розраховується як сума нормованих  $P_{\text{дксс}}$  і наведені до концентрації діоксида сірки середніх змістів різних речовин:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{cpi}}{ПДК_{cci}} \right)^{C_i}, \quad (1.1)$$

де  $Y_i$  - одиничний індекс забруднення для  $i$ -ї речовини;

$C_i$  - безмірна константа приведення ступені шкідливості  $i$ -ї речовини до шкідливості діоксида сірки, що залежить від того, до якого класу небезпеки (табл. 1.1) належить забруднююча речовина.

Таблиця 1.1 - Класи небезпеки забруднюючих речовин

Клас небезпеки	1	2	3	4
Константа $C_i$	1.7	1.3	1.0	0.9

### 1.1.3 Оцінка забруднення повітря

Негативний вплив забруднення повітряного басейну відбувається в результаті прямого контакту з забрудненим повітрям і в результаті випадання забруднюючих речовин з атмосфери та вторинного забруднення вод і ґрунтів.

Концентрація забруднюючих речовин від окремих локальних джерел убуває з відстанню в результаті розсіювання та випадання домішок. Максимальні концентрації спостерігаються на відстані 10-20 висот труби, з якої відбувається викид забруднювачів. Небезпечні концентрації від таких джерел спостерігаються, як правило, на площі 10-100 км<sup>2</sup>.

Оцінка забруднення атмосферного повітря за максимально "разовий" концентрації.

Для підвищення надійності оцінки результатів вимірювання і виключення випадкових величин використовують статистичну обробку матеріалу, що дозволяє з урахуванням варіацій концентрації одержати значення, яке в 95% випадків буде на рівні або нижче концентрації  $C_{95}$ . Розрахунки  $C_{95}$  проводиться одним зі статистично-розрахункових або графічних методів.

Кратність перевищення розраховується розподілом показника  $C_{95}$  на максимальну разову ПДК:

$$K = \frac{C_{95}}{ПДК} \quad (1.2)$$

В таблиці 1.2 наведений критерій оцінки ступені забруднення атмосферного повітря по максимально разових концентраціях.



Таблиця 1.2 - Критерій оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря за максимально разовими концентраціями

Клас небезпеки	Екологічна небезпека		Надзвичайна екологічна ситуація	
	К	% вимірювання, що перевищують ПДК	К	% вимірювання, що перевищують ПДК
I	5	30	3-5	30
II	7.5	30	5-7.5	30
III	12.5	50	8-12.5	50
IV	20	50	12.5-20	50

Якщо в атмосферному повітрі є речовини, що володіють ефектом підсумовування біологічного впливу, тоді  $C_{95}$  визначається за формулою:

$$C_{95np} = C_1 + C_2 \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + C_3 \frac{ПДК_1}{ПДК_3} + \dots + C_n \frac{ПДК_1}{ПДК_n}, \quad (1.3)$$

де  $C$  – концентрація.

Ступінь забруднення атмосферного повітря для комбінації підсумовуючих речовин оцінюється по наведеній концентрації. Суму таких речовин рекомендується приводити до речовини, найнебезпечнішої.

Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря за середньодобовими концентраціями.

При такій оцінці використовують середньодобові проби протягом 24 годин або 4 рази на добу через рівні інтервали часу. Для кожної середньодобової концентрації розраховують кратність перевищення показника  $K$ . Визначення за цим показниковим рядом, який аналізує період (рік) оцінюють відповідно до критеріїв таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Показники ступеня забруднення атмосферного повітря за середньодобовими концентраціями

Клас небезпеки	Екологічна небезпека		Надзвичайна екологічна ситуація	
	К	% вимірювання, що перевищують ПДК	К	% вимірювання, що перевищують ПДК
I	3	20 або 7 днів підряд	2-3	20 або 7 днів підряд
II	5	20 або 7 днів підряд	3-5	20 або 7 днів підряд
III	7.5	30 днів	5-7.5	30 днів
IV	12	30 днів	8-12.5	30 днів

Якщо спостерігається комбінація речовин, що володіють ефектом суммації, тоді розраховують наведену середньодобову концентрацію  $C_{сспр}$ .

Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря за середньорічними концентраціями.

Ступінь забруднення повітря розраховується з урахуванням кратності перевищення середньорічного ПДК речовин, їх класу небезпеки, припустимої повторюваності концентрацій заданого рівня, кількості речовини, одночасно присутніх у повітрі і коефіцієнта їх комбінованої дії.

Середньорічні значення ПДК виражаються через середньодобову величину  $P_{дксс}$  за співвідношенням

$$\hat{I} \hat{A} \hat{E} \hat{O} = a \hat{I} \hat{A} \hat{E} \hat{m} \quad (1.4)$$

Таблиця 1.4 - Значення коефіцієнта  $a$

Речовина	Коефіцієнт $a$
Аміак, азоту оксид, диоксид, бензол, бензанирен, марганцю диоксид, озон, сірки диоксид, сірковуглець, синтетичні жирні кислоти, фенол, формольдегід, хлоропрен	1
Трихлоретан	0.4
Аміни, анілін, зважені речовини, ниль,хлор, вуглецю оксид	0.34
Сажа, сірчана кислота, фосфорний ангідрид, флориди тверді	0.3
Ацетальдегід, ацетон, диетиламін, томзол, флористий водень, хлористий водень, етилбензол	0.2
Акролеїн	0.1

Ступінь забруднення повітря речовинами різних класів небезпеки визначається приведенням їх концентрацій, нормованих по ПДК, до концентрацій речовин 3 класу небезпеки:

$$K_{3кл} = K_{ndj}, \quad (1.5)$$

де  $n$  – коефіцієнт ізоєфективності;

$dj$  – клас небезпеки ( $n=2,3$  для  $dj=1$ ;  $n=1,3$  для  $dj=2$ ;  $n=0.87$  для  $dj=4$ ).

При нормованих ПДК концентраціях вище 2.5 для 2 класу, вище 8 для 3 класу і вище 11 для 4 класу приведення до 3 класу здійснюються множенням значень нормованих ПДК концентрацій відповідно на 3.8, 1.6, 0.7.

Якщо атмосферне повітря забруднене речовинами, що відносяться до різних класів небезпеки, тоді розраховують комплексний показник за формулою

$$P = \text{Sqrt} \geq (\text{Sum}(K_j \cdot 2_j)) \quad (1.6)$$

де  $\text{Sqrt} \geq (\text{Sum}(K_j \cdot 2_j))$  - квадратний корінь з суми квадратів нормованих за ПДК концентрацій, наведених до концентрацій речовини 3 класу;

$d_j$  – номер речовини.

Оцінка ступеня сумарного забруднення атмосферного повітря за комплексним показником  $P$  проводиться за даними (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 - Оцінка ступеня сумарного забруднення атмосферного повітря за комплексним показником  $P$

Номер речовини	Екологічна небезпека	Надзвичайна екологічна ситуація	Відносно допустима ситуація
1	>116	8-16	1
2	>32	16-32	2-4
3	>48	32-48	5-9
4	>64	48-64	10-16
5	>80	64-80	16-25

Якщо в комплексному показнику значення будь-якої речовини перевищує величину показника для однієї речовини, тоді ступінь забруднення оцінюється за цією речовиною.

## 1.2 Структура та завдання гідрометеослужби з моніторингової інформації навколишнього середовища

### 1.2.1 Рівні системи моніторингу та оцінки навколишнього середовища

Система екологічного контролю та моніторингу навколишнього середовища являє собою багаторівневу вимірювально-інформаційну систему, призначену для спостереження, вимірювання, аналізу, узагальнення та візуалізації даних про екологічну обстановку, оцінки екологічного середовища, оперативного обміну даними усередині системи з зовнішніми системами моніторингу екологічного середовища, передачі

даних відповідним до структур влади, прогнозу очікуваного розвитку подій і підготовки варіантів раціональних управлінських розв'язків.

Мета системи – забезпечення функціональної єдності всіх підсистем екологічного моніторингу, оперативне об'єднання інформаційних потоків, мінімізація часу для прийняття управлінських розв'язків.

Рівні інтегральної системи моніторингу та оцінки навколишнього середовища:

- Державний рівень контролю, моніторингу навколишнього середовища, керування та прийняття розв'язків;
- регіональний (область, район, місто) рівень контролю, моніторингу екологічного середовища, керування та ухвалення рішення;
- рівень керування об'єктів.
- контроль метеорологічної обстановки в точках екологічного контролю;
- контроль концентрації забруднювачів і організованих джерелах викиду;
- контроль екологічного середовища в автоматичному режимі на стаціонарних постах, пересувними лабораторіями, у стаціонарних лабораторіях за результатами вимірювань в точках контролю.

### **1.2.2 Структура та завдання Державної служби з гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища.**

В Україні існує наступна структура Державної служби, що здійснює одержання гідрометеорологічної, геліографічної інформації та інформації про забруднення навколишнього середовища:

- Державна гідрометеорологічна служба при МНС: контроль повітря, води, ґрунту і радіації;
- Міністерство охорони здоров'я: питна вода і вода для купання;
- Інформаційно-аналітичний центр при Міністерстві Охорони Навколишнього Середовища: збір даних;
- Міністерство аграрної політики: поливні води, ґрунт;
- Державний Комітет Водного господарства: забір води, скидання стічних вод, поверхневі води;
- Державний Комітет з земельних ресурсів: ґрунт;
- Державний Комітет з лісових ресурсів: ліс;
- Міністерство житлового комунального господарства: комунальні відходи;
- Державний Комітет Статистики: збір статистичних даних;
- Державна Екологічна інспекція Азовського та Чорного морів при Міністерстві охорони навколишнього середовища: дані моніторингу вод морів;

- Державна екологічна інспекція охорони навколишнього середовища Північно-Західного регіону Чорного моря при Міністерстві охорони навколишнього середовища: моніторинг Чорного Моря;
- ПІВДЕННИЙ НДІ морського рибного господарства та океанографії: дані моніторингу по рибальству у водах Чорного Моря;
- Міністерство Охорони навколишнього середовища: підготовка регулярних оцінок;
- Міністерство охорони навколишнього середовища.

В Україні відсутні як інтегровані системи моніторингу, так і інтегровані електронні бази даних по навколишньому середовищу. Окремі дані та інформація, зібрана певними установами перебувають у різних базах даних і на різних веб-сайтах або зовсім відсутні в електронному вигляді.

В Україні діють інформаційно-аналітичні центри з обробки і перевірки даних. Статистичні служби проводять збір статистичних даних з навколишнього середовища, ці дані публікуються в екологічних статистичних щорічниках.

Інтегрована система одержання гідрометеорологічної і геліографічної інформації та інформації про забруднення навколишнього середовища містить у собі засіб проведення спостережень і підрозділяється на наземну і космічну підсистеми.

Наземні підсистеми одержання інформації.

Основи підсистеми становлять мережі організації Укргідромету, центри з ідрометеорології і моніторингу навколишнього середовища (ЦГМС), гідрометеорологічні обсерваторії (ГМО), гідрометеобюро (ГМБ), авіаметеорологічні центри (АМЦ), авіаметеостанції (АМСГ), центри моніторингу забруднення навколишнього середовища (ЦМС), лабораторії, гідрометеостанції та пости, пункти спостереження за забрудненням (ПНЗ).

Космічна підсистема одержання інформації (РОСІЯ)

Вона включає:

- Метеосупутник МЕТЕОР (4 супутника) – проводить спостереження за хмарністю, що підстилає поверхнею в інфрачервоному та видимому діапазоні спектра, геліографічні спостереження, спостереження за глобальним розподілом озону, вимірювання складових радіаційного балансу Землі;

- Природно-ресурсний супутник РЕСУРС (1 супутник) – дозволяє оперативно одержувати в цифровому вигляді багатозональні зображення природних об'єктів з високим дозволом;

- Океанографічний супутник ОКЕАН (1 супутник) – передає оперативну інформацію про льодову обстановку незалежно від хмарності та умов освітленості;

- Геостаціонарний супутник ЕЛЕКТРО (1 супутник) – дозволяє з великою частотою одержувати зображення хмарності, що підстилає

поверхні в інфрачервоному та видимому спектрі, визначати швидкість і напрямок вітру на висотах, температуру поверхні океану, висоту верхньої границі хмар.

### **1.3 Інтелектуальні комп'ютерні технології в екологічному моніторингу**

#### **1.3.1 Моніторингова експертна система**

Будь-яка моніторингова система розглядається як експерт, що виконує контроль над станом середовища, що допомагає людині впливати на цей стан.

Сучасні засоби моніторингу і які забезпечують їх інформаційно-керуючі системи є складними багатофункціональними розподіленими системами.

У таких системах здійснюється спільна обробка складноорганізованих даних і знань. Вони розробляються на основі сучасних інформаційних технологій, що забезпечують на істотне підвищення рівня інформаційної інтелектуальної підтримки.

Проблеми інформатизації при розв'язку завдань моніторингу ухвалюють фундаментальний характер у зв'язку із широким застосуванням локальних і глобальних обчислювальних мереж.

Ефективність пророкування розвитку екологічної ситуації в конкретних випадках залежить від вирішення цих проблем. Виходом з положення, що створилося, є використання інформаційних технологій, заснованих на знаннях. Такі технології забезпечують накопичення і узагальнення знань, виконання гіпотез, прогноз і прийняття розв'язків.

Можливі ситуації, коли відсутні датчики первинної інформації, або існуючі засоби вимірювання не забезпечують одержання необхідної інформації в темпі з процесом, або в наявності лише якісна інформація про об'єкт керування. в таких випадках необхідні інформаційні технології, які дозволять на основі комп'ютерної обробки якісної або нечіткої інформації про об'єкт одержати необхідну інформацію для керування.

Моніторинг навколишнього середовища – це система спостережень і оцінки стану середовища, засобу інформаційного забезпечення процесу підготовки та прийняття управлінських розв'язків. Тому до завдань моніторингу відносять:

- повторювану в просторі та часі спостереження за станом природних об'єктів і антропогенними впливами на навколишнє середовище;

- оцінка за даними спостережень інтегральних показників впливу на навколишнє середовище та екологічних ризиків;

- прогнозування наслідків того або іншого господарського розв'язку, ймовірності небезпечних явищ як через антропогенні впливи, так і не пов'язані з ними;
- інформаційне забезпечення підготовки та прийняття управлінських розв'язків.

### 1.3.2 Інтегровані екоінформаційні системи

Інтегровані Екоінформаційні системи є основою процесу керування екологічно безпечного розвитку та повинна забезпечувати розв'язок безлічі завдань:

- підготовка інтегрованої інформації про стан навколишнього середовища;
- моделювання процесів у навколишньому середовищі з урахуванням можливих результатів прийнятих управлінських розв'язків;
- оцінка ризику для існуючих і проєктованих підприємств, окремих територій з метою керування безпекою технічних впливів;
- накопичення інформації з тимчасових трендів параметрів навколишнього середовища з метою екологічного прогнозування;
- підготовка електронних карт стану навколишнього середовища регіону;
- складання звітів про досягнення цілей сталого розвитку для державних і міжнародних організацій;
- обробка і накопичення в базах даних результатів локального та дистанційного моніторингу та виявлення параметрів навколишнього середовища найбільш чутливих до антропогенних впливів;
- обґрунтування оптимальної мережі спостережень для регіональної системи моніторингу;
- обмін інформацією про стан навколишнього середовища (імпорт і експорт даних) з іншими екоінформаційними системами;
- надання інформації для контролю над дотриманням прийнятих законів, для екологічного утворення, для засобів масової інформації і т.д.

Екоінформаційні системи орієнтуються на комплексне використання результатів моніторингу, забезпечують перетворення первинних результатів вимірювання, придатну у форму для підтримки прийняття розв'язків, що сприяють для постійного розвитку окремих регіонів і планети в цілому.

В міру переходу від первинних результатів моніторингу до знань про стан навколишнього середовища змінюється методи роботи з інформацією.

В інтегрованій екоінформаційній системі (рис.1.1) виділяється 3 рівня, орієнтованих на розв'язок різних завдань моніторингу, що відрізняються по методах роботи з інформацією.

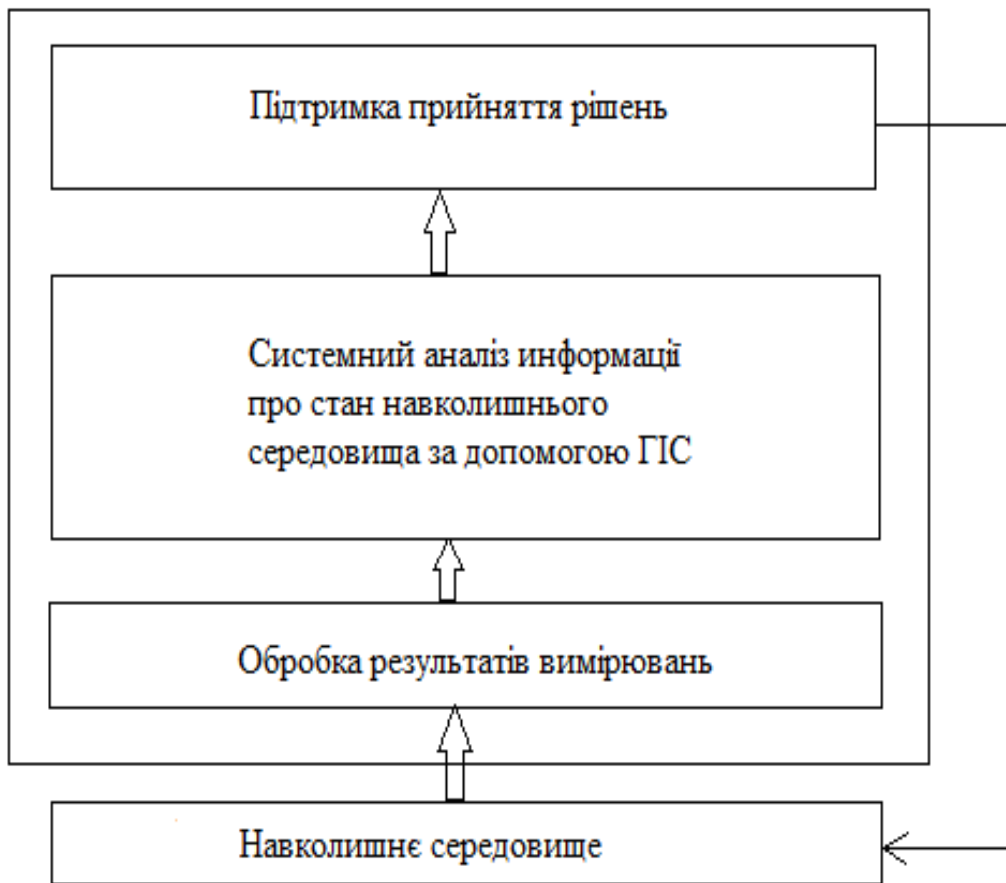


Рисунок 1.1 - Формування інформації

Верхній рівень становлять програмні модулі для підтримки прийняття розв'язків.

Середній рівень – програмне забезпечення для системного аналізу інформації про стан навколишнього середовища.

Нижній рівень – модулі обробки первинної екологічної інформації.

На нижньому рівні екоінформаційної системи для зберігання даних про стан навколишнього середовища використовуються різні системи керування базами даних (СКБД), а для обробки результатів спостережень – програмні продукти: електронні таблиці, пакети програм типу Mathcad, Surfer і багато інших, що дозволяють вирішувати різнопланові завдання обробки результатів спостережень, отриманих за допомогою локальних і дистанційних методів моніторингу.

На середньому рівні інтегровані інформаційні системи для аналізу інформації про стан навколишнього середовища використовують Географічні Інформаційні Системи (ГІС). Також системи, що забезпечують введення, зберігання, відновлення, обробку, аналіз, візуалізацію всіх видів географічно прив'язаної інформації, дозволяють систематизувати видачу такої інформації для керування природними ресурсами, реалізуючи досвід фахівців в цій області.



На верхньому рівні – інформаційні системи екологічної безпеки, орієнтовані на підтримку прийняття розв'язків. Вони повинні задовольняти ряду вимог, які необхідно виконати в процесі їх побудови.

Необхідний ще один етап роботи з інформацією, що дозволяє співвіднести отримані результати з шкалою «добре-погано».

Таке співвідношення ґрунтується на результатах моніторингу та має ряд специфічних моментів – науково-методичних при згортанні величезних об'єктів інформації, психологічних – при виставі отриманих результатів моделі (ЛПР).

У майбутньому системи підтримки прийняття розв'язків в області екологічної безпеки неминуче будуть ґрунтуватися на систематичному моделюванні процесів природи, тому що схема «гіпотеза-експеримент-факт» - основа процесу пізнання у всіх областях сучасної науки.

У рамках математичних моделей можливе зіставлення відомостей з різних джерел, згортання результатів моніторингу, прогнозування наслідків прийнятого розв'язку.

## **2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **2.1 Інтелектуальні системи моніторингу атмосфери**

#### **2.1.1 Наземна підсистема одержання даних**

Безліччю експериментів підтверджений зв'язок між забрудненням атмосфери та метеорологічними параметрами.

Метеорологія – наука про земну атмосферу, її будову, властивості, що відбуваються в її процесах. Властивості атмосфери, що відбуваються в її процесах розглядаються у зв'язку з властивостями і впливом поверхні, що підстилає, суші та моря. Головне завдання метеорології – прогнозування погоди на різні строки.

Метеорологічна станція – основний компонент регулярних спостережень за станом атмосфери, вона призначена для:

- вимірювання температури, тиску і вологості повітря;
- швидкості і напрямку вітру;
- контроль хмарності, рівня опадів, видимості, сонячної радіації.

Розрізняють метеостанції наземні та дрейфуючі, які встановлені на судах, на буях у відкритому морі.

Наземна підсистема одержання даних включає центри з гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища, гідрометеорологічні обсерваторії, гідрометеобюро, авіаметеорологічні центри, авіаметеостанції, центри моніторингу забруднення навколишнього середовища, гідрометеорологічні станції, пости, аерологічні станції, що діють станції в Антарктиді, іоносферно-магнітні та озонотричні станції.

На станціях і постах проводяться такі метеорологічні вимірювання, обумовлені забрудненням повітря в містах.

Устаткування метеостанцій включає:

- термометр. Найбільш вживані ртутний і спиртовий термометри для вимірювання температури повітря, електротермометри для вимірювання температури ґрунтів;
- актинометр для вимірювання інтенсивності сонячної радіації;
- анемометр для вимірювання швидкості і напрямку вітру та газових потоків. Найбільш простий прилад для вимірювання напрямку вітру;
- флюгер для застосування різних типів анемографів, анеморумбометрів, анеморумбографів;
- барометр – вимірює атмосферний тиск. Барометр ртутний, барометр-анероїд, барограф;
- гігрометр – вимірює абсолютну або відносну вологість повітря, що заснована на вимірюванні довжини людського волосся при вимірюванні

вологості, психрометр – порівнює температури вологого та сухого термометрів. Якщо є фіксує шкала – це гігрограф;

- опадомір – вимірює рівень рідких і твердих опадів;

- метеорограф – прилад для комплексного вимірювання температури, тиску, вологості.

### 2.1.2 Вимірювальний метеорологічний комплекс «Тропосфера»

Це апаратно – програмний засіб точкового моніторингу атмосфери.

Метеорологічний комплекс «Тропосфера» призначений для вимірювання атмосферного тиску, температури повітря, відносної вологості повітря, швидкості і напрямку повітряного потоку.

Діапазон вимірювання, допустимі похибки, ціна меншого розряду індикатору комплексу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Діапазон вимірювання, допустимі похибки, ціна молодшого розряду індикатору комплексу

Вимірювана величина	Діапазон вимірювання	Межі допустимої похибки	Межа молодшого розряду
Атмосферний тиск, гпа (мм рт.ст)	600 (1080 (450 ( 812)	( 0.3 (( 0.2)	0.01 (0.01)
Температура повітря, t°C	-40 ÷ 60	± 1	0.01
Відносна вологість повітря, %	0 ÷ 100	± 2	0.1
Швидкість повітряного потоку V, м/сек	0.5 ÷ 50	± (0.5 + 0.03 V)	0.1
Напрямок повітряного потoku, кутові градуси	0 ÷ 360	± 10 при 1.5 < V < м/ с	1

Склад комплексу:

- обчислювач В-ОЗМК;

- перетворювач швидкості і напрямку повітряного потоку НОРДВЕСТ;

- перетворювач атмосферного тиску АЛЬБАТРОС;

- Перетворювач температури та вологості ЛОТОС;

- блоки комутації БГС-А, БГС-Б

Обладнання та програмне забезпечення, яке забезпечує індикацію показників комплексу на власному рідкокристалічному індикаторі (РКІ),

обмін інформацією з персональним комп'ютером (ПК), керування режимами роботи комплексу, введення даних з кнопок керування, установку поточних дати та часу, корекцію швидкості вітру за щільністю повітря, розрахунки атмосферного тиску над рівнем моря, розрахунки барометричної тенденції за кожні 3 години, розрахунки відносної вологості, реєстрацію інформації у власній енергонезалежній пам'яті. Це - мікропроцесорне обладнання.

Обсяг пам'яті вбудованого реєстратора обчислювача – 10000 електронних записів. Один електронний запис включає 16 параметрів. Інтервал реєстрації – в 1 хвилину. Перелік ідентифікуємих і реєструємих параметрів представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Перелік ідентифікуємих і реєструємих параметрів

N	Параметр	Позначення
1	Дата та час	DAT
2	Атмосферний тиск у місці установки комплексу, гПа/мм рт.ст	P
3	Атмосферний тиск повітря над рівнем моря, гПа/мм рт.ст	P <sub>0</sub>
4	Барометрична тенденція за 3 години, гПа/мм рт.ст	dp
5	Температура повітря, °C	T
6	Максимальна температура повітря за 3 години, °C	TMAX
7	Мінімальна температура повітря за 3 години, °C	TMIN
8	Температура точки роси, °C	Tp
9	Відносна вологість повітря, %	H
10	Миттєве значення швидкості вітру ( за 3 сек), м/сек	V <sub>0</sub>
11	Середнє скалярне (векторне) значення швидкості вітру за 2 хв, м/сек	V <sub>2</sub>
12	Середнє скалярне (векторне) значення швидкості вітру за 10 хв, м/сек	V <sub>10</sub>
13	Максимальне значення V <sub>0</sub> за 10 хв, м/сек	Vmax
14	Максимальне значення V <sub>0</sub> за 3 години, м/сек	Vmax <sub>3h</sub>
15	Миттєве значення напрямку вітру ( за 3 сек), градуси	W <sub>0</sub>
16	Середнє значення напрямку вітру за 2 хв, гради	W <sub>2</sub>
17	Середнє значення напрямку вітру за 10 хв, гради	W <sub>10</sub>

Призначення кнопок і перелік команд при роботі з обчислювачем наведено в таблиці 2.3.

Перетворювач атмосферного тиску АЛЬБАТРОС.

Принцип вимірювання атмосферного тиску в комплексі заснований на перетворенні абсолютного тиску трьома термостатними; тензооперіодними, первинними перетворювачами тиску в пропорційний електричний сигнал і його обробці за заданим алгоритмом.

Для дешифрування різких коливань атмосферного тиску вихідна інформація перетворювача атмосферного тиску АЛЬБАТРОС усереднюється протягом 2 хвилин. Час відновлення інформації становить 3 секунди.

Таблиця 2.3 - Призначення кнопок і перелік команд при роботі з обчислювачем

N	Операція	Команда
1	нанатискати кнопку ВВЕДЕННЯ	Активація обраних режимів (підрежимів)
2	написати кнопки ↓↑	Перехід від сторінки до сторінки в режимі перегляду даних. Зміна числових значень – у режимі введення даних. Змінює архівний запис – у режимі перегляду архів.
3	натискання кнопки ➔➔	Вибір режимів у Головному меню. Зміна числових значень – у режимі введення даних. Змінює параметр у рамках одному архівного запису – у режимі перегляду головного архіву.
4	натискання кнопки РЕЖИМ	Вихід у Головне меню
5	натискання та утримання кнопки ВВЕДЕННЯ більше 3 сек	Активація режиму введення даних
6	одночасне натискання кнопок ВВЕДЕННЯ і ↓	У режимі відключає (включає) автокалибровку нулів перетворювача НОРДВЕСТ. У режимі відключає (включає) вентилятор перетворювача ТРОЯНДА. У режимі відключає (включає) нагрівання вимірювальної камери перетворювача ЛОТОС.
7	одночасне натискання кнопок ВВЕДЕННЯ і ➔	Відкриває сторінку установки часу записи, з якого необхідно почати перегляд архіву – у режимі перегляду архіву.
8	одночасне натискання кнопок ВВЕДЕННЯ і ➔	Відкриває сторінку установки кроку перегляду архів – у режимі перегляду архіву.

Перетворювач температури повітря ТРОЯНДА, заснований на принципі вимірювання температури, на перетворенні величини термоопору в пропорційний електричний сигнал і обробці цього сигналу за заданим алгоритмом. Використовується платиновий термоперетворювач опору з характеристикою Pt 100. постійна часу перетворення – 60 секунд. Час відновлення інформації – 3 секунди.

Перетворювач відносної вологості ЛОТОС.

Його принцип дії заснований на перетворенні електричної ємності полімерного датчика вологості в електричний сигнал і обробку цього сигналу по заданому алгоритму. З метою підвищення точності і стабільності показань при низькій температурі та високої вологості повітря датчик підігрівається. При цьому проводиться вимірювання відносної вологості для температури  $t_1$ , а потім за допомогою психрометричних таблиць обчислюється відносна вологість, яка при температурі навколишнього повітря  $t_0$ . Час відновлення інформації – 3 секунди.

Перетворювач швидкості та напрямку повітряного потоку НОРДВЕСТ.

Вимірювання швидкості та напрямку повітряного потоку в НОРДВЕСТІ засноване на манометричному принципі дії, по якому вимірюється тиски за допомогою трьох приймачів повітряного диференціального тиску (ПДТ), розміщених у горизонтальній площині під кутом 120 (один до іншого). У цьому перетворювачі немає обертових частин. Є система підігріву.

Кожний ПДТ містить датчик диференціального тиску, датчик температури, мікропроцесори, дві котушки обігріву.

При обтіканні повітряним потоком ПДТ на виході датчиків тиски формуються електричні сигнали, пропорційні величинам швидкісного напору повітряного потоку і його напрямку.

Мікропроцесори ПДТ забезпечують цифрове кодування сигналів з датчиків тиску і температури. Підігрів ПДТ запобігає обмерзанню його поверхонь у зимовий час.

Центральний процесор перетворювача НОРДВЕСТ забезпечує нормування та температурну компенсацію цифрових сигналів з ПДТ, автоматичну корекцію нульового сигналу, розрахунки швидкостей і напрямку потоку. Час відновлення інформації – 3 секунди.

Блок комутації БСГ-А, В забезпечує підключення перетворювачів до інтерфейсу комплексу та захист вхідних кіл перетворювачів від наведених електро-магнітних імпульсів в умовах грозової діяльності або впливу промислових перешкод.

Протокол зв'язку комплексу з персональним комп'ютером (ПК).

Зв'язок ПК з комплексом здійснюється по каналу RS232.

Швидкість передачі даних – 4800 бауд. Формат передачі байта – 1 старт біт, 8 біт даних, 1 стоп біт.

Обмін інформацією здійснюється за запитом від зовнішнього обладнання в напівдуплексному режимі у форматі “ Запит-Відповідь”.

Структура кадрів запиту й відповіді представлено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4- Структура кадрів запиту й відповіді

Старт (2 байта)	Адреса (1 байт)	Код команди (1 байт)	Блок даних	Код посл. (2 байта)	Стоп (2 байта)
10h 02h	Adr	Cmd Code	DATA BLOCK	CRC_H CRC_L	10h 04h

Відповідно до таблиці 2.4. кадри запиту та відповіді містять наступні параметри:

- стартову послідовність (2 байта) – 10h 02h – ознака початку кадрів;
- адреса станції (тут 0ah);
- код команди;
- 01h – кадр запиту (команда читання даних);
- 81h – кадр відповіді (відповідь на команду читання даних).

Блок даних. Формат блоку залежить від коду команди.

Для команди читання даних (01h) блок даних має довжину 3 байта, містить адресу початкової області пам'яті даних (2 байта) і кількість байт даних (1 байт) і має такий вигляд:

- ADR\_H ADR\_L NUM\_Byte;

- для відповіді на команду читання даних (81h) блок даних має змінну;

- довжину, рівну кількості байт переданих даних і містить масив даних byte\_0...byte\_N у вигляді byte\_0...byte\_N.

Контрольна послідовність (2 байта) формується за допомогою полінома. У розрахунки контрольної послідовності включаються поля:

- Adr, Cmd Code и data BLOCK;

- стоп послідовність (2 байта) - 10h 04h – ознака кінця кадра;

- при передачі “тіла” кадра (поля Adr, Cmd Code, DATA BLOCK і CRC), щоб виключити можливість збігу даних з ознакою початку або кінця кадра, застосована технологія вставки додаткового контрольного байта з значенням 01h. Тобто, якщо в “тілі” кадра на передавальному кінці зустрічається байт 01h, тоді перед ним вставляється додатковий байт 01h. При прийманні ці вставлені байти віддаляються;

- в результаті для прочитання всіх параметрів від вимірювання за один раз необхідно надіслати запит на читання даних, починаючи з адреси “26” і кількості байт “20”;

Формат параметрів:

- розмір кожного параметра дорівнює 2 байтам;

- кожний параметр представляється як двохбайтне ціле число з знаком (у додатковому коді). Для параметра використовуються лише менше 15 біт (біт 0 – біт 14). Біт 15 використовується для кодування статусу параметра (0 – нормально; 1- значення параметра ще не встановилося).

### **2.1.3 Автоматизована метеорологічна аеродромна станція АМАС-АВІА**

Станція АМАС АВІА призначена для:

- автоматизованого вимірювання і обробки метеорологічних величин;
  - швидкості та напрямку вітру, метеорологічної дальності видимості (МДВ), висоти нижньої границі хмар (ВНГХ), атмосферного тиску, температури та відносної вологості повітря, кількості опадів;
  - вимірювання поточного часу;
  - відображення результатів вимірювання метеовеличин і метеоінформації;
  - формування регулярних і спеціальних метеозведень у кодах METAR, SPECI, SYNOP (КН-01);
  - архівації та висновок на початку метеоінформації.

Область застосування - автоматизовані метеорологічні системи аеродромів, Цивільної авіації по категоріях I, II, III та ІКАО. Станція АМАС АВІА має Сертифікат аеродромного встаткування NAT 4013.

До складу входять:

1. Комплекс АМАС АВІА-1, який містить:

- автоматизоване робоче місце спостерігача (АРМН), з основною і резервною ПЕВМ;

- автоматизоване робоче місце синоптика (АРМС);

- погодний дисплей (ПД) – 90 - 10 шт.

2. Для вимірювання метеорологічних величин:

- фотометр імпульсний ФІ-1 – до 6шт.;

- анеморумбометр М63М-1 – до 4 шт.;

- анеморумбометр МАРКО 60.1 – до 4 шт.;

- наземний імпульсний світловий вимірювач висоти нижньої границі хмар ІВО-1М з приставкою дистанційної ДВ-1М – до 5 шт.;

- вимірювач лазерний висоти хмар ЛВВХ-1 – до 4шт.;

- вимірювач атмосферного тиску цифровий БАР – до 2шт.;

- вимірювач температури і відносної вологості повітря;

- вимірювач ТВ – 1шт.;

- вимірювач кількості опадів ВОА-1 – 1шт.

Центральним обладнанням станції є основна ПЕВМ АРМН. Вона за допомогою обладнань перетворення (ОП) приймає електричні сигнали від



первинних вимірювальних перетворювачів метеовеличин (ФІ-1, ІВО-114, М63М-1) і перетворює їх у значення метеовеличин.

Цифрові електричні сигнали від первинних вимірювальних перетворювачів метеовеличин (ЛВВХ-1, МАРКО 60.1, БАР, Вимірювач ТВ) надходять у вимірювальне обладнання через модеми та розширювач портів.

У центральному обладнанні проводяться обчислення середніх, максимальних, наведених і т.д. значень метеовеличин. Центральне обладнання формує регулярні і спеціальні метеозведення та дає спостерігачеві можливість їх редагування, відображає поточну інформацію на моніторі.

Центральне обладнання формує журнал роботи станції і відправлених метеозведень, створює архівний файл чисельних значень метеовеличин, виводить висновок метеоінформації на принтер.

Передача метеоінформації з центрального обладнання на АРМС і ПД проводиться по модемних лініях зв'язку автоматично, передача метеозведень на вузол зв'язку авіаційної метеостанції виконується по команді оператора. Відображення метеоінформації на відеомоніторах АРМН і ПД реалізується програмними засобами цих обладнань.

Основна частина апаратури АРМН розміщена в приладовій стійці. Відеомонітор і клавіатура основний ПЕВМ – на столі оператора. Обладнання перетворення виконане в окремому металевому корпусі з петлями для кріплення на стіні.

#### **Технічні характеристики станції:**

- діапазони вимірювання метеовеличин і межі допустимих погрешностей;
- абсолютна погрешність вимірювання поточного часу - (15сек. за добу);
- час передачі інформації від АРМН на погодні дисплей ПД або на ЛРМС – не більш 15 секунд;
- живлення – 200 ( 22В, 50, 1Гц);
- повний термін служби (без обліку служби ФІ-1, М63М-1, ІВО-1М) не менш 10 років.

Станція забезпечує наступні функції:

- ручне введення значень метеовеличин;
- діагностику прийнятої вимірювальної інформації;
- перевірку працездатності обладнань станції;
- перевірку ліній зв'язку;
- передачу метеозведень на вузол зв'язку АМСГ.

**Складові частини АМАС АВІА-1 АРМН до його складу входять:**

- резервна ПЕВМ;
- стійка для встаткування;
- обладнання зв'язку з вимірювальними метеопараметрами;

- касети з блоками живлення модемів;
- касетні модеми;
- модеми (для зв'язку з АРМН; ПД і зовнішнього каналу зв'язку);
- принтер;
- джерело безперебійного живлення;

Кількість і тип модемів визначається характеристиками вимірювачів метеовеличин і розташованому встаткуванні на аеродромі.

ПД до його складу входять:

- ПЕВМ (PENTIUM);
- модем.

ПД приймає від АРМН і виводить на екран свого монітора наступні дані:

- код аеропорту (пункт спостерігача);
- дата (день, година, рік);
- час (година, хвилина);
- курс робочого старту ВПП;
- метеопараметри;

Забезпечує ручне введення:

- курсу робочого старту ВПП і передачу його в АРМН по каналу зв'язку;

- Параметри освітленості ВПП.

Програма введення встановлюється на одному з ПД.

АРМС в нього входять:

- ПЕВМ;
- модем.

АРМС забезпечує:

- відображення на дисплеї всієї інформації, виведеної на ПД станції;
- формування повідомлень TAF;
- передачу повідомлень TAF у мережу AFTN;
- формування прогнозу тренда METAR/SPECI і передачу його по каналах зв'язку АРМН;

- перегляд архівних значень (на всю глибину ведення архіву) кожного з вимірюваних або обчислених метеопараметрів у графічному (3-х добові графіки з інтервалом дозволу 1 хв або добові графіки з інтервалом дозволу в 1 годину) або табличному (добові значення).

Дані функції при відсутності синоптика-консультанта забезпечуються АРМН.

Пульти сервісний переносної (ПСП).

У ПСП входять:

- обладнання підключення до вимірювання метеопараметрів – 1 комплект;

- портативні ПЕВМ (Notebook) – 1 шт, він забезпечує приймання та вивід на дисплей інформації від вимірювачів метеопараметрів і тестування аеродромних вимірювачів.

Вимірювач метеопараметрів груповий (ВМПГ). В нього входять:

- контролер збору та обробки інформації (КЗОІ);
- датчик температури повітря (ДТП);
- датчик вологості повітря (ДВП);
- датчик температури повітря на висоті 2см від поверхні ґрунту;
- датчик температури поверхні ґрунту.

Для проведення кліматичних спостережень в ІМПТ включають:

- датчик температури ґрунту на глибинах – всього 11 датчиків;
- датчик кількості опадів (ДКО);
- датчик тривалості сонячного сяйва (ДТС).

ІМПГ забезпечує:

- вимірювання метеопараметрів;
- видачу по каналу зв'язку при запиті від АРМН вимірювальної та діагностичної інформації;
- вимірювання атмосферного тиску (ВАТ) типу БАР;
- вимірювання висоти нижньої межі хмар (ВВНГХ) типу лазерного вимірювання висоти хмар ЛВВХ;
- вимірювання швидкості та напрямку вітру (ВШНВ) – анеморумбометр МАРКО-60.1;
- вимірювання параметрів метеорологічної дальності видимості (ВМДВ);
- фотометр імпульсний ФІ-1, трансмісометри МІТРАС ф. Вайсала.

### **Принцип роботи комплексу АМАС-АВІА.**

Комплекс АМАС Авіа-1 залежно від комплекту поставки може використовуватися для оснащення аеродромів I, II, III категорії. Функції які використовуються в комплексі розподіляються між територіально зосередженими обладнаннями. Обмін інформацією між функціональними частинами комплексу АРМН, АРМСІН і ПД, організовані у вигляді повідомлень за наступним каналом RS-232. Швидкість обміну інформацією 1200біт/с. Функціональні частини комплексу взаємодіють в асинхронному режимі обміну даними.

Для реалізації обміну між АРМН, АРМСІН і ПД використовується магістральний канал зв'язку. Зв'язок АРМН з віддаленими (більш 10км) АРМСІН і ПД забезпечується за допомогою допоміжних модемів.

Одержання автоматичної метеорологічної аеродромної станції (АМАС) на основі комплексу проводиться шляхом підключення до входів каналів перетворення комплексу вимірювальних метеовеличин з електричними вихідними сигналами. При цьому комплекс забезпечує обробку аналогових сигналів первинних вимірювальних перетворювачів у

цифрові, роботу режимів вимірювання та відображення метеоданих у реальному часі. Вимірювання поточного часу проводиться комплексом за ГРИНВІЧЕМ (МСВ).

Об'єднання комплексу і вимірювання на аеродромі в автоматизовану метеорологічну станцію проводиться за допомогою центрального приладу (ПЕОМАРМН) каналу зв'язку.

Центральний прилад (ПЕОМАРМН) керує процесором вимірювання і прийманням вхідних сигналів, що приходять від вимірювачів до каналу зв'язку, обробляє метеоінформацію, утворює повідомлення службам УВС, формує метеовідомості та передає метеоінформацію на обладнання відображення (відеомонітори), забезпечує архівацію інформації і її виведення на принтер. Центральний прилад працює у фоновому режимі, що забезпечує багатофункціональне виконання заданих функцій.

Центральний прилад резервований. Резервний ПЕОМ АРМН дублює базу даних на кабелі та реалізується за допомогою розширника послідовних портів, що складається з 16 (або від 8 до 24) конфігурованих асинхронних каналів зв'язку RS-232.

**Функціонування комплексу в складі АМАС.** Вимірювання метеовеличин автоматично роблять вимірювання і перетворення фізичних одиниць в електричні вихідні сигнали за запитом комплексу передають їх на центральний прилад (ПЕОМ АРМН). Збір даних від вимірювачів метеовеличин робить основна ПЕОМ АРМН також і в автоматичному режимі.

ПЕОМ АРМН збирає вихідну інформацію від вимірювачів, яка доповнюється інформацією, зібраної спостерігачем візуально та введеної вручну. Можливість взаємодії спостерігача (оператора) з АРМН забезпечується технічними способами: відеомонітор і «мишка», а порядок взаємодії в діалоговому режимі реалізуються програмними способами з спеціалізованого програмного забезпечення АРМН.

У процесі контролю вимірювання АРМН робить перевірку:

- наявності зв'язку з вимірювачів і при виявленні порушень або відсутності зв'язку формує аварійне повідомлення та виводить на екран відеомонітора АРМН;
- інформації про стан приладу (включений він або виключений);
- ймовірність прийнятих від приладів і введених вручну спостерігачем (оператором) даних.

При цьому забезпечується контроль якості та протиріччя вимірюваних і введених даних, якщо величина не входить у встановлені границі, формується аварійне повідомлення, яке виводиться на екран відеомоніторів АРМН, АРМСІН, ПД. Вхідні сигнали від первинних вимірювальних перетворювачів в аналоговій і кодованій формі підлягають перетворенню і обробці. У результаті обробки вхідних сигналів комплекс забезпечує відповідність вимірювальних кодів і фізичних величин, а також

відображення вихідної інформації на екранах відеомоніторів (АРМН, АРМСІН, ПД) в одиницях вимірюваних метеовеличин.

Формування кодів при введенні даних візуального спостереження оператором (спостерігачем) у діалоговому режимі забезпечується автоматично. Значення даних візуального спостереження виводяться на екран у коді METAR/SPESI.

Отримані дані підлягають обробці та розрахункам програмними способами АРМН відповідно до алгоритмів і розрахунковими співвідношеннями.

Після обробки даних АРМН автоматично передає потокову метеоінформацію на АРМС і ПД. Час передачі метеоінформації для відображення на екранах відеомоніторів АРМС і ПД, після закінчення обробки вимірювання (спостережень) становить не більш 12 секунд.

Інформація про небезпечні явища на аеродромі, які ускладнюють або виключають зліт, дозвіл на посадку або посадку повітряних судів і сигнал тривоги з'являються на екрані відеомонітора АРМН не пізніше 15 секунд після їхнього виникнення.

Усі виведені на екран поточкові значення метеовеличин, які отримані від приладів, усереднюються за своїми значеннями за інтервал 1 хвилина. Ці усереднені за 1 хвилину значення метеовеличин записуються в архів хвилинних значень, які використовуються для висновку графіка годинної залежності. Усереднення швидкості та напрямку вітру за періоди 2 і 10 хвилин виходять шляхом змінного векторного усереднення. При цьому 2-х хвилинні середні значення обновляються на екрані кожні 3 секунди, 10-хвилинні – щохвилини.

Інформація про фактичну моду на аеродромі заноситься в базу даних центрального обладнання РЕОМ АРМН. На основі отриманої інформації в АРМН автоматично формуються метеозведення в кодах METAR, SPESI, SYNOP (ICH-01). Формування метеозведень забезпечується в наступному ряду відповідно до можливостей ВМО.

Метеовідомості в даних кодах відображаються на екрані відеомонітора АРМН.

Метеовідомості в кодах METAR, SPESI відображаються на екрані відеомонітора АРМСІН.

Метеовідомості в кодах METAR, SPESI, SYNOP (ICH-01) по модемній лінії передаються на зв'язну РЕОМ вузла зв'язку АМСГ.

Формування метеовідомостей комплексом автоматизування та проводиться відповідно до діючих вимог стандартів ВМО/ІКАО.

Комплекс автоматично формує заготовки текстів метеозв'язків METAR, SPESI, SYNOP і забезпечує можливість їх уточнення та редагування спостерігачем в інтерактивному режимі.

При формуванні метеозведень використовуються потокові метеодані, показані в результаті автоматичного вимірювання та введення спостерігачем (оператором) вручну, після їхньої обробки та розрахунків.

**Формування регулярної інформації METAR** – це комплекс який формує регулярне метеозведення METAR, яке має короткостроковий прогноз погоди, через кожні 30 хвилин відповідно до чинних правил. Заготовка тексту потокового METAR формується за 2 хвилини до початку чергового строку через кожні 30 хвилин. Протягом цих 2-х хвилин забезпечується можливість редагування формованого тексту оператором (спостерігачем).

Точно в строк (00 хв або 30 хв) комплекс забезпечує можливість по команді оператора (спостерігача) відправити відомості на вузол зв'язку АМСГ і робоче місце синоптика та диспетчера (АМСІН і ПД). Після початку строку протягом 2 хвилин комплекс дає можливість спостерігачеві вручну скорегувати текст METAR. При цьому, що дані автоматичних вимірювань метеовеличин у телеграму заносяться автоматично точно в строк.

Можливість повторної передачі сформованого в строк метеозведення зберігаються до формування телеграми наступного строку.

Метеоспостерігач одержує автоматично прогноз TREND відправлень синоптика з АРМСН. Прогноз TREND передається метеоспостерігачу заздалегідь до початку строку та автоматично вставляється в заготовку тексту метеозведення METAR. Дані для складання короткострокового прогнозу вводяться лише вручну синоптиком з АРМСІН. Час останнього редагування прогнозу TREND визначається автоматично. Час поширення потокового метеозведення становить 30 хвилин.

Якщо TREND від синоптика не приходить, наприклад, при непрацюючій (виключеної) АРМСІН або при порушенні зв'язку, при формуванні потокової регулярної інформації за 5 хвилин до початку строку з'являється повідомлення на екран АРМН, яке супроводжується звуковим сигналом. Це означає, що метеоспостерігачю необхідно самому сформувати TREND вручну.

**Формування заготовки метеосведення SPESI** - комплекс формує вибіркве спеціальне метеозведення SPESI згідно з діючими правилами. Формування заготовки тексту вибіркового спеціального метеозведення SPESI проводиться автоматично при досягненні встановлених критеріїв для автоматичного формування або в який-небудь момент часу по команді оператора (спостерігача). При цьому спостерігачеві АРМН забезпечується можливість ручного редагування тексту метеозведення до відправлення телеграми на вузол зв'язку АМСГ.

Значення встановлених критеріїв для метеовеличин, які визначають пороги автоматичного формування спеціального метеозведення, яке передається у форматі SPESI виводяться по конфігурації програмного

забезпечення та можуть редагуватися спостерігачем при необхідності в процесі роботи.

Пороги автоматичного регулювання SPESI бувають:

- поріг на зміну;
- поріг на погрішність;
- поріг на припинення.

Поріг на зміну встановлює критерій, за якими повинна формуватися SPESI при різкій зміні напрямку вітру, також при зміні середнього напрямку вітру, порівнянними з значенням, яке зазначене в останніх відомостях METAR/SPESI, на 60 (при сильному вітрі, більше 6 м/с).

Поріг на погрішність встановлює критерій, за яким повинне формуватися SPESI з погрішностями за наступним метеовеличинами:

- метеорологічна дальність видимості стала менше граничного значення (МДВ(М)<);
- середня або максимальна швидкість вітру досягла або перевищила граничне значення ( $V_{\text{вітру}} \rightarrow$ );
- дальність видимості на ВПП стала менше граничного значення (RVR(М)<);
- висота нижньої межі стала менше граничного значення (НМХ <).

Поріг на припинення встановлює критерії, за якими припиняється формування SPESI по таким метеовеличинам:

- середня або максимальна швидкість вітру стала менше граничного значення ( $V_{\text{вітру}} <$ );
- метеорологічна дальність видимості досягла або перевищувала граничне значення (МДВМ);
- дальність видимості на ВПП досягла або перевищувала граничне значення (RVR м);
- висота нижньої межі хмар досягла або перевищувала граничне значення (НМХ).

Комплекс відображає причину формування SPESI.

Комплекс автоматично формує текст вибіркової спеціальної відомості SPESI при досягненні таких критеріїв як погіршення:

- напрямок вітру змінився на 60 (або більше при середній швидкості 6м/с або більше щодо значень, зазначених у попередніх відомостях METAR/SPESI);
- максимальна швидкість вітру досягла або перевищила 15м/с і більше, при подальшому посиленні через 5м/с і більші пороги обираються за розрахунковими значенням, які показані в попередні відомості з ряду 20м/с, 25м/с, ..., 60м/с;
- метеорологічна дальність МДВ менше: 3000, 1500, 800м;
- дальність видимості на ВПП RVR менше: 800, 600, 350, 150м;
- висота нижньої межі хмарності НМХ менше: 300, 150, 60м.

На припинення текст SPESI автоматично формується, якщо по елементу погоди припинення тривали 10 хвилин, або:

- максимальна швидкість вітру менше 15м/с того значення, за яким давалися відомості на погіршення;

- метеорологічна дальність видимості досяглася або перевищила - 800, 1500, 3000м;

- дальність видимості на ВПП досяглася або перевищила - 150, 350, 600, 800м;

- висота нижньої межі хмар досяглася або перевищила - 30, 60, 150, 300м.

Формування метеозведення SPESI супроводжується звуковим сигналом.

Формування спеціального метеозведення SPECIAL, яке поширюється на аеродромі, проводиться в коді SPESI.

**Формування синоптичних відомостей SYNOP** комплекс формує регулярні метеозведення в коді КН-01 (національний варіант міжнародного коду F14 12-1X SYNOP) відповідно до чинних правил.

Формування заготовки тексту регулярного метеозведення SYNOP відбувається автоматично в синоптичному ряді кожні 3 години. При цьому забезпечується можливість ручного регулювання оператором (спостерігачем) АРМН тексту метеозведення до відправлення телеграми на вузол зв'язку. Групи коду SYNOP формуються рівно в строк за вимірними поточними значеннями метеовеличин.

Комплекс у процесі роботи автоматично проводить щохвилини та погодинну архівацію всіх вимірних і введених у ручну метеовеличину і журнал роботи АМАС в цілому, у якому фіксуються всі повідомлення АМАС і всі дії операторів (спостерігача, синоптика та диспетчера керування польотами).

Перегляд архівної інформації проводиться в діалоговому режимі за запитом оператора на відеомоніторах АРМН і АРМСІН. Архів, формований на жорсткому диску АРМН на основі вимірних даних і проведених заходів які містять наступну інформацію:

- журнал роботи АМАС;

- таблиця годинних значень вимірних і введених вручну метеовеличин;

- журнал відправлених повідомлень.

На робочому місці спостерігача забезпечується перегляд архівних значень будь-яких метеовеличини на всю глибину введення архіву в графічному або табличному вигляді. Спостерігач вибирає вид інформації та період, за який він може переглянути архів.

Архів, зформований на жорсткому диску АРМСІН на основі даних, прийнятих від АРМН, містить наступну інформацію:



- архів виміряних і розрахункових значень метеовеличин у графічному вигляді;

- журнал прийнятих метеозведень у кодах METAR, SPESI.

Крім автоматичного режиму вимірювань в АМАС комплекс забезпечує можливість роботи в режимі ручного введення.

Що вводяться спостерігачем значення інтегруються як середні.

Оператор (спостерігач) при введенні даних візуального спостереження може заздалегідь підготувати дані за хмарами, та погоді, а також додаткову трендову інформацію, щоб забезпечити в строк передачу регулярних погодних відомостей.

Оператор (спостерігач) може редагувати автоматично сформовані SPESI, METAR, SYNOP, повторювати та видавати повідомлення за вимогою, установити час редагування METAR і затримку відправляючи на 1 лінію зв'язку ПЕОМ.

При необхідності оператор (спостерігач) може оперативнo керувати режимами роботи з приладами в АМАС, наприклад:

- оперативнo включати та виключати прилади при їхньому використанні, наприклад ВНМХ типу ЛВВХ-1 (джерела вимірювання на приладах);

- з появою аварійних повідомлень, при збої будь-якого прилада, забезпечувати підключення резервного та вимикання не резервного на даний момент прилада.

Оператор (спостерігач) по команді від диспетчера може перемкнути курс робочого старту вручну в діалоговому режимі. При цьому оператор (спостерігач) ПД може контролювати правильність установки курсу, оскільки встановлений курс робочого старту відображається на екрані ПД.

Параметри освітленості ВПП, необхідні для розрахунків значень RVR, вводиться вручну спостерігачем за погодженням з диспетчером.

Час реакції комплексу при зміні курсу або параметрів освітленості з передавачем метеовеличин для заново введених значень і передачею їх на робочі місця (АРМН, АРМСІН і ПД) становить не більш 12 секунд.

При цьому комплекс автоматично веде журнал роботи, в який заносяться всі дії операторів (спостерігача, синоптика, диспетчера) при ручному режимі роботи комплексу та АМАС в цілому в зазначеному часі до однієї секунди.

Реєстрація метеоінформації, що отримується в попередженні, як потокової, так і архівної виводиться за командою оператора (спостерігача) на принтері.

## **2.2 Інтелектуальні системи моніторингу гідросфери**

Гідрологія – наука, що вивчає гідросферу Землі, її властивості, процеси, які в ній протікають.

Гідрометеорологія вивчає процеси, що відносяться до атмосферного та гідросферного режиму планети.

Гідрометеорологічна станція здійснює систему спостережень за станом і якістю водного середовища на відповідних постах спостереження:

- рівень води, глибина водойми;
- швидкість водотоку;
- температура води;
- колір води і її зміни;
- ступінь мінералізації;
- наявність і стан біомаси.

В цей час на земній кулі діє близько 9 тисяч станцій на суші, що роблять спостереження за вологістю повітря, хмарністю, кількістю, що випадають атмосферних опадів. Їх 3900 автоматизовані або частково автоматизовані. Близько 700 морських суден роблять спостереження за різними параметрами стану вод Світового океану – температура, солоність, мінеральний склад вод, напрямок течії.

Ці дані поповнюються спостереженнями з комерційних літаків – близько 10 тисяч зведень на добу. Передають інформацію 300 заякорених буїв або фіксованих платформ, що працюють як автоматичні морські станції й близько 600 буїв, що дрейфують з океанськими.

Моніторинг забруднення вод суші.

- стаціонарні пости спостереження – в цей час діє близько 10 тисяч водомірних постів і станцій;

- спеціалізовані пости діляться на забруднених водних об'єктів та в районах мінімального забруднення – “фоновий моніторинг” для розв'язку науково-дослідних завдань.

- тимчасові експедиційні пости

Спостереження на постах повинні задовольняти вимогам репрезентативності й розташовувати дані про витрати за рік, та рівня води у водоймах і іншими гідрологічними матеріалами.

Показники якості води, обумовлені в обов'язковому порядку:

- температура води;
- зважені речовини;
- рН;
- розчинений кисень;
- заходи;
- головні іони;
- біогенні компоненти;
- хімічні забруднювачі (нафтопродукти, феноли, пестициди, з'єднання важких металів).

Моніторинг забруднення вод морів і океанів.

Це спостереження за рівнем забруднення вод, динамікою його поширення та за станом біоценозу з метою визначення стану морських

екосистем, оцінки і прогнозу їх зміни під впливом природних і антропогенних факторів. У зв'язку з цим, основним принципом одержання інформації є комплексність спостережень, тобто сполучене визначення гідрохімічних, гідрофізичних і гідробіологічних характеристик екосистем на ділянках акваторії як з забрудненими, так і відносно чистими водами.

Морські станції I категорії оперативно виявляють рівні забруднення в найбільш забруднених зонах акваторії. Розташовуються на замикаючих створах гирлових областей в зонах впливу стічних вод, у місцях діючих морських нафтопромислів, в районах, що мають важливе рибогосподарське або культурно-оздоровче значення.

Основні спостереження проводяться один раз на місяць і включають:

- визначення забруднюючих речовин – нафтопродуктів, пестицидів;
- важких металів, фенолів, а також забруднювачів, специфічних для даного району;
- показники середовища – розчиненого кисню, сірководню, нітратного та нітритного азоту, загального фосфору;
- елементів гідрометеорологічного режиму (солоності води, температури води і повітря, напрямку і швидкості вітру і напрямку, прозорості і кольору води);
- найважливіша характеристика фіто та зоопланктону, зообентосу і перифітопу (загальної чисельності організмів), числа видів, загальної біомаси і т.д.

Морські станції II категорії – розташовуються в прибережних районах і в районах відкритого моря речовини, які забруднюють, надходять за рахунок міграційних процесів. Призначені для вивчення сезонної та річної мінливості рівня забруднення морських вод. Спостереження проводяться щомісяця, як і на станціях I категорії.

Морські станції III категорії – організуються у відносно чистих водах для виявлення фонових рівнів забруднення і їх сезонної річної мінливості. Спостереження проводяться один раз в сезон.

Наприкінці 80-х років XX століття мережа моніторингу охоплювала всі внутрішні та омиваючі моря колишнього СРСР. Включала 60-70 станцій I категорії, 570-600 станцій II категорії та 1000-1100 станцій III категорії.

### **2.2.1 Методи та засоби контролю стану гідросфери Землі**

Контроль рівня води на водомірних станціях.

Дистанційні водомірні пости обладнуються самописами рівня, що дають можливість одержувати інформацію про рівень води безупинно, а також передавати її по каналах зв'язку.

**Профілограф механічний** – вимірює глибину за допомогою промірного вантажу на тросі або промірній штанзі. Переміщається по дну з подачею результатів на самопис.

**Профілограф гідростатичний** – вимірює глибину за допомогою датчика тиску, який переміщається на тросі по дну. Розрахований на глибині до 15м.

**Профілограф акустичний** – заснований на застосуванні ехолота.

Аерознімання – це космічна зйомка одержання зображень районів Світового океану, материкових водойм в різних ділянках спектра (спектрозональна зйомка), обробка яких дозволяє одержати дані, необхідні для (зондування у видимому діапазоні):

- визначення зважених часток;
- складу і продуктивності фіто і зоопланктону;
- стан прибережної зони;
- ступені водної ерозії берегів та їх динаміки;
- напрямку та структури руху.

Зондування в інфрачервоному та мікрохвильовому діапазоні застосовується для:

- вимірювання температури води;
- визначення якості води у водоймах і водостоках;
- вивчення термодинаміки морських льодів.

Спектральні вимірювання використовуються для:

- визначення площі покриття, товщини шару, зразкового хімічного складу районів океану, забруднених нафтопродуктами (3-10 млн.т. у рік), просторово-тимчасової динаміки цих параметрів;

- визначення даних забруднення води побутовими та господарськими стоками, радіоактивними речовинами і т.д.;
- кількісного аналізу суспензій у воді;
- визначення кількості хлорофілу у фітопланктоні.

Вимірювання температури водної поверхні проводиться з орбітними активними радіолокаційними методами з точністю, не гірше  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; радіояскравим методом (вимірювання теплового потоку, який досліджується, що підстилає поверхнею в діапазоні від видимого спектра до радіохвиль, дана температура розраховується з застосуванням закону Стефана Больцмана.

До основної групи гідрометеорологічних приладів (річкові і озерні) гідрометеорологічної мережі (стаціонарних постів і станцій) виставляються прилади для вимірювання рівня води (водомірні рейки та самописи рівня води), швидкості і напрямку, витрати води (поверхневі та глибинні), гідрометеорологічні вертушки, гідрометеорологічні установки з дистанційним керуванням і т.д.

Спосіб впливу з об'єктом прилади підрозділяються на контактні й неконтактні.

Контактні – ультразвукова система для виміювання витрати води, комплекс апаратури для виміювання витрати води, що рухається з судна.

Неконтактні – апаратура для аерокосмічних досліджень земної поверхні (радіаційні термометри, гамма-знімальна апаратура для визначення запасів води в сніжному покриві), а також апаратура для радіолокаційного виміювання поверхневої швидкості руху і товщини льоду.

Океанологічні прилади – це технічні засоби для гідрофізичних, гідрохімічних, морських, геологічних, гідробіологічних і інших виміювань характеристик морського середовища; пристосування для збору зразків (проб морської води, ґрунтів, рослин і тварин).

За призначенню розділяються на:

- прилади для визначення глибини – лоти та ехолоти;
- прилади для визначення фізичних характеристик морської води – термометри, виміювання швидкості поширення звуку у воді, різноманітна гідрооптична апаратура;
- прилади для виміювання основних параметрів динаміки хвиль – швидкості та напрямку руху, автоматичний цифровий виміювальний рух і температури (АЦВР), океанологічний трассер (барвник, вводиться у водойму для визначення руху вод або наносів – застосовуються тритій, вуглець  $C^{14}$  і інші радіоактивні ізотопи, а також нерадіоактивні барвники, наприклад, флуоресцин);
- прилади для визначення коливання елементів хвиль (хвилеміри та хвилеграфи);
- прилади для виміювання коливання рівня (електросолемери, оксиметри, рН-метри, фотоелектричні колориметри та ін.);
- прилади для льодових спостережень (льодомерні рейки апарати для аерофотознімання льодів і ін.).

Залежно від способу інформації океанологічні прилади розділяються на прилади з візуальним відліком, самописи, прилади з цифровою реєстрацією і передачею телеметричної інформації.

За способами використання океанологічні прилади підрозділяються на:

- стаціонарні – встановлюються постійно (футштоки, мареографи, термографи) або встановлені на тривалий строк (телуричні станції, сейсмографи) на березі або у відкритому морі на підставі бурових установок, естакадах;
- автономні – призначені для самостійної роботи від декількох годин до декількох місяців у відкритих частинах океанів і морів на заякорених буюх (буйкові станції);
- судові;
- що буксирують;
- комплексні.

## 2.3 Інтелектуальні системи моніторингу суші та геологічного середовища

### 2.3.1 Моніторинг ґрунту

Завдання ґрунтового моніторингу:

- а) вивчення факторів і процесів, що визначають антропогенну й природну трансформацію ґрунтового покриву в часі та просторі;
- б) визначення та оцінка властивостей ґрунтів та їх природньої родючості;
- в) контроль забруднення ґрунтів пестицидами, важкими металами та іншими інгредієнтами;
- г) виявлення тенденцій і прогнозування зміни складу та властивостей ґрунтів, а також структури ґрунтового покриву.

Ці завдання вирішуються за допомогою проведення стаціонарних і напівстаціонарних спостережень на спеціально обраних ділянках з використанням дистанційних методів дослідження (зондування). В якості об'єктів спостереження обираються типові ландшафти, розташовані на всіх найважливіших ґрунтово-кліматичних зонах і піддаються інтенсивному антропогенному впливу. Паралельно використовуються фонові території.

Відповідно до головних джерел забруднення ґрунтів виділяють два об'єкти спостережень (типу забруднених територій):

1) Ґрунтово господарських районів (відбір ґрунтів два рази на рік – навесні після танення снігів до внесення пестицидів і наприкінці вегетаційного періоду).

Відбір проб снігу проводиться щорічно наприкінці зими для визначення інтенсивності вступу в ґрунт важких металів.

2) Ґрунту навколо промислово-енергетичних центрів (відбір проб один раз на рік – навесні після танення снігу в точках на ґрунтово-географічних профілях, розташованих за восьми азимутам в радіусі до декількох десятків км від джерела забруднення).

Найбільш великі за площею об'єкти повинні регулярно обстежуватися за допомогою дистанційних методів. Дані аерокосмічного зондування повинні контролюватися шляхом наземного обстеження еталонних ділянок в межах масивних спостережень.

Гранично допустима концентрація (ГДК) хімічних речовин в ґрунті – це комплексний показник нешкідливого для людини змісту хімічних речовин в ґрунті які використовуються при обґрунтуванні критеріїв показують можливі шляхи впливу забруднюючих речовин на контактуючі середовища, біологічну активність ґрунту та процеси її очищення.

Обґрунтування ГДК хімічних речовин в ґрунті базується на 4 основних показниках шкідливості, встановлених експериментально:

- транслокаційним, що характеризують перехід речовини з ґрунту в рослину;
- міграційні води, що характеризують здатність переходу речовини з ґрунту в ґрунтові води й водні джерела;
- міграційне повітря, що характеризують перехід речовин з ґрунту в атмосферне повітря;
- загальносанітарні, що характеризують вплив забруднюючих речовин на здатність самоочищуватися.

Кожний з шляхів впливу оцінюється кількісно з обґрунтуванням припустимого рівні змісту речовини за кожним показником шкідливості. Найменший рівень, який лімітує та ухвалюється за ГДК.

### **2.3.2 Методи дистанційного зондування**

Такі методи з застосуванням штучних супутників Землі (ШСЗ), лазерної та радарної техніки останнім часом одержують найбільше поширення.

Лазерне та радарне аерознімання – потужний узагальнений спосіб вивчення ландшафтних особливостей.

Для дослідження геологічної будови земної кори, пошуку і розвідки родовищ корисних копалин використовують багато методів дистанційної зйомки – фотозйомку, магнітні способи, гаммазйомку, електророзвідку, гравітаційну розвідку, лазерну та радіолокаційну.

Лазерне сканування суші.

Склад поверхні, суші може бути визначений за допомогою лазерних вимірювань з літака.

Позиція та положення літака-носія з скануючим устаткуванням з високою точністю визначаються двома взаємодіючими навігаційними системами dgps (different Global Positioning System) і LINS (Laser Internal Navigation System). За допомогою dgps з частотою 1 раз за секунду визначається положення літака відносно Землі. Після об'єднання показників цих двох систем у центрі спостережень на земній поверхні стає відомим положення літака і орієнтація лазерного сканера відносно сканиуючої місцевості й траєкторії польоту.

В результаті визначається положення вимірювального приладу щодо поверхні, що відбиває, за певний часовий момент. Знаючи всі ці результати і напрямок променя сканера, для кожного циклу вимірювання в кожний момент часу можна визначити положення поверхні, що відбиває.

Наприкінці обробки формується тривимірний простір координат, що визначають образ поверхні, що відбиває.

Точність вимірювань лазерних сканерів в системі Topo-Sys (Німеччина) < 0.06 м.

Точність вимірювання висоти поверхні < 0,1 м.

Лазерний сканер (повітряний лідар) класу ALTM (Канада, компанія Ortech).

Включає випромінювач – напівпровідниковий лазер інфрачервоного випромінювання, що працює в імпульсному режимі. Час одержання кожного імпульсу і його відбиття від поверхні фіксується для визначення похилої дальності  $D$  від джерела випромінювання, що відбивається від об'єкта.

Реєструється також поточне значення кута  $\alpha$  відхилення скануючого елемента (дзеркала призми оптичного замикача). Величина  $\alpha$  дозволяє однозначно визначити напрямок поширення зондувального променя (лінію візування) в системі координат лідара, яка дуже пов'язана з осями сканерного блоку лідара.

Положення та орієнтація системи координат лідара в геодезичній (або географічній) системі координат визначають за допомогою навігаційного комплексу в комплекті лідара, який забезпечує безперервне визначення трьох просторових координат положення сканерного блоку  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  і трьох кутів його орієнтації  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ . Такий набір з шести параметрів просторового положення та кутової орієнтації – це елементи зовнішнього орієнтування. Принцип роботи бортового навігаційного комплексу оснований на взаємодії приймача супутникової системи GPS та інерціальної системи. Можливе фіксування до п'яти відбиттів від наземних об'єктів для кожної лінії візування. Якщо лазерний промінь на шляху поширення зустрічається з неповною перешкодою, тоді частина енергії відбивається, а інша поширюється далі по лінії візування.

Це дозволяє одержати більш інформативних даних, тому що на кожний випромінений імпульс виходять множинні відбиття – від проводів і опорних ліній електропередач, край будинків, а останнє відбиття – від землі або іншої суцільної поверхні, що є абсолютною перешкодою для лазерного променя.

За показниками точності всі складові джерела геопросторових даних в схемі повітряного лідара досягли взаємопогоджуваного рівня – таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 - Показники точності основних структурних компонентів повітряного лідара

Обумовлений параметр	Джерело	Точність
Просторові координати	GPS	8-10 см
Похила дальність	Лазерний далекомір	10-15 см
Орієнтація носія	Інерціальна система	1-2 мрад (помилки позиціонування 15-30 см при висоті зйомки 300 м).



На цей час використовуються дві форми лазерно-локаційних зображень:

- далекомірна форма яка відповідає розподілу в координатному просторі тривимірної хмари лазерних точок. Термін лазерна точка позначає одиничне, первинно- локаційне, лазерно-локаційне вимірювання. Найважливішими чисельними параметрами кожної лазерної точки є значення просторових координат  $X_p, Y_p, Z_p$  у деякій заздалегідь заданій системі координат. Розподіл лазерних точок утворює просторовий образ об'єкта зйомки, доступний візуальному аналізу, проведенню просторових вимірювань і застосуванню обчислювальних методів геоморфічного аналізу. Такий образ і становить те, що називають лазерно-локаційним зображенням у далекомірній формі;

- форма інтенсивності відбитого сигналу, лідар реєструє інтенсивність відбитого сигналу – значення енергії, що повернувся на приймач випромінювання. Ця відбита енергія залежить від таких факторів, як спектральна відбита здатність об'єкта, фактичне значення дальності, величина пропущення, розсіювання, поглинання атмосфери та інші параметри. На практиці зображення у формі інтенсивності відбитого сигналу за інформаційними властивостями дуже близько до природніх чорно-білих світлин (аерофотознімкам у випадку застосування), що дозволяє посилено використовувати їх для цілей візуального розпізнавання та дешифрування об'єктів.

Набір чисельних параметрів локаційних та лазерно-локаційних даних  $X_p, Y_p, Z_p$ , що характеризують кожен лазерну точку, доповнюється часом реєстрації даної точки. В результаті з'являється можливість формально визначити таке поняття, як набір локаційних та лазерно-локаційних даних, а саме:

$$L = \{ X_{pi}, Y_{pi}, Z_{pi}, T_i, t_i \}, i = 1 \dots N, \quad (2.1)$$

де  $L$  – весь розглянутий набір локаційних та лазерно-локаційних даних;

$N$  – загальна кількість лазерних точок у наборі  $L$ .

## **2.4 Інтелектуальні системи радіолокаційного моніторингу**

### **2.4.1 Автоматизований наземний метеорологічний радіолокаційний комплекс «Метеоячейка»**

Це автоматизований наземний метеорологічний радіолокаційний комплекс дистанційного зондування навколишнього середовища. Призначений для автоматизації метеорологічного радіолокатора МРЛ- 5 з

метою забезпечення аеропортів і автоматизованих систем керування повітряним рухом інформацією про хмарність і пов'язаних з нею небезпечних явищ погоди (сильні зливи, грози, гради, шквал) з високою надійністю та оперативністю в найбільш зручному для споживача вигляді. АМРК має підвищену перешкодозахищеність і дозволяє експлуатувати МРЛ у дистанційному режимі керування при видаленні від робочого місця оператора на відстані до 7 км.

В радіусі 200 км огляду вся площа розбивається на квадрати 4×4 км. Для кожного квадрата визначається максимальна висота радіолуни, радіолокаційне відбиття в II шарах. Товщина шару – 1000м.

АМРК дозволяє одержувати наступну інформацію:

- типи радіолуни хмар і пов'язаних з ним явищ (гради, грози, зливи);
- висота верхньої межі радіолуни;
- інтенсивність опадів;
- оцінку видимості в опадах;
- величину очікуваного шквалистого вітру при наявності радіолуни конвективної хмарності (РКО);
- величину очікуваного шквалистого вітру при наявності радіолуни в цілому окремих гніздах Сб;
- тенденцію зміни поля радіолуни.

Алгоритми розпізнавання в комплексі «Метеоячейка» максимально наближені до неавтоматизованих, і при ухваленні рішення про ступінь небезпеки явища мають ймовірний характер.

При інтерпретації небезпечних явищ, пов'язаних з кучево-дошовими хмарами та визначенні їх грозової активності враховується добре відомий факт: літак, потрапляючи в кучево-дошову хмару, сам може стати причиною виникаючого атмосферного електричного розряду на літак. У той же час перехід у грозовий стан (3-5хв) порівнянно з часом одержання та передачі інформації споживачеві, та ймовірність правильного розпізнавання грози становить 30- 70%.

При автоматизації залишаються обмежені, пов'язані з ослабленням радіохвиль в опадах, коли через ефекти ослаблення в опадах, що екранують (особливо при намоканні радіопрозорого ковпака антени МРЛ), можуть не виявлятися небезпечні явища (НЯ) погоди або виявлятися з зменшенням їх ступеня небезпеки та з сильними викривленнями висоти та відбиття НЯ, що перебувають за опадами, що екранізують.

АМРК «Метеоячейка» включає радіолокатор МРЛ-5 з обладнанням попередньої обробки інформації (УПО-Д), робоче місце оператора радіометеоролога (АРМ-ОР), робоче місце інженера з МРЛ (АРМ-ІН), робоче місце інженера-радіометеоролога (АРМ-РМ) і 1-6 абонентських пунктів (АП).

Технічні дані АМРК:

- район огляду 400×400 км;

- розмір гнізда даних  $4 \times 4$  км;
- період відновлення інформації 10 хв;
- максимальне видалення МРЛ;
- відпрацьовування місця 7 км;
- число абонентських пунктів бшт.

Робочі місця штату МРЛ-5 виконані на базі персональної ЕОМ типу ІВС/АТ с комплектом устаткування для роботи з лініями зв'язку та включають 3 спеціалізованих робочих місця з такими ж комп'ютерами:

- оператора-радіометеоролога;
- інженера з МРЛ;
- інженера-радіометеоролога.

Робоче місце оператора-радіометеоролога забезпечують:

- керування роботою МРЛ у дистанційному режимі;
- контроль параметрів МРЛ;
- проведення огляду та обробку даних спостережень;
- розрахунки напрямку і швидкості переміщення поля радіолуни;
- розрахунки тенденції розвитку поля радіолуни;
- огляд даних спостережень на екрані комп'ютера у вигляді

наступних карт метеоявищ:

- небезпечних явищ погоди;
- висоти верхньої межі поля радіолуни  $H$ ;
- відбиття  $Z$  в II шарах;
- контурів небезпечних явищ;
- швидкості шквалів  $V_{ш}$ ;
- інтенсивності опадів  $I$ ;
- кількості опадів за будь-який період спостережень  $Q$ ;
- видимість в опадів  $IV$ ;
- вертикального перерізу за довільним азимутом і заданим повітряним коридорам;
- заледеніння;
- висновок на екран і друк таблиць штормового оповіщення з інформацією про вогнища небезпечних явищ погоди;
- висновок та друк бланк-карти форми 2;
- архівація даних спостережень за період не менш 30 днів;
- архівація телеграм у кодї RADOB.

Робоче місце інженера-радіометеоролога забезпечує введення інформації даних метеостанцій штормового кола про:

- сильні зливи;
- грози;
- град;
- шквали;
- смерчі;
- складання даних метеостанцій про НЯ з даними АМРК;

- висновок на друк результатів складання;
- запис і доповнення файлу реперних відбиттів від місцевих предметів;

- оперативний контроль потенціалу станції;
- запис і доповнення файлу відбитих від місцевих предметів.

Робоче місце інженера з МРЛ забезпечує:

- калібрування АМРК;
- керування АМРК.

До складу АМРК «Метеоячейка» також входить наступне обладнання:

- спеціалізовані ЕОМ (одна або дві);
- обладнання попередньої обробки даних;
- принтер;
- інтерфейс 4RS232;
- моделі з розйомами;
- базове програмне забезпечення, комплект;
- документація, комплект;
- дискети.

На основі аналізу вимірювальних радіолокаційних характеристик метеоутворень АМРК дозволяє одержати наступну інформацію:

- типи радіолуни хмар і пов'язаних з ним явищ (зливи, грози, гради, шквали, не зливові опади);

- висота верхньої межі радіолуни;

- інтенсивність опадів;

- оцінка видимості в опадах;

- величина очікуваного шквалистого посилення вітру при наявності конвективної хмарності;

- швидкість і напрямок переміщення для поля радіолуни в цілому окремих гнізд Сб;

- кількість опадів в радіусі 100 км за будь-який строк спостережень.

Базове програмне забезпечення (БПЗ) містить у собі операційну систему WINDOWS NT.

Спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) АМРК виконує керування роботою та контроль параметрів МРЛ, проведення огляду, обробку та архівацію даних спостережень, обробка даних спостережень на дисплей комп'ютера, включаючи зв'язок телеграм у кодї RADOB, складання даних метеостанцій про НЯ з даними АМРК, калібрування АМРК, перевірку працездатності АМРК за допомогою тестового програмного забезпечення.

#### **2.4.2 Програмне забезпечення**

Спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) АМРК працює в середовищі оперативної системи WINDOWS NT.

Ярлик програм для запуску системи – на «Робочому столі» (дисплеї WINDOWS NT).

#### Розподіл дискового простору

При роботі СПЗ використовується наступна структура дискового простору:

- диск. А - гнучкий диск;
- диск С – система директорії WINNT, СПЗ АМПК у директорії IRAM.

#### Файлові структури СПЗ

СПЗ використовує для роботи наступні директорії (каталоги):

1. Службовий каталог. В нього входять файли з службовою інформацією, які використовуються для ініціалізації та при роботі СПЗ С: |IRAM|АМПК,, DAT;
2. Службовий каталог, у якому зберігаються команди керування комплексом С: |IRAM|АМПК,,;
3. Робочий каталог з тимчасовим файлами СПЗ С: |IRAM|ЕХЕ;
4. Робочий каталог з тимчасовими файлами СПЗ С: |IRAM|АМПК;

Структура архівів формується при архіві на основі даних спостережень, зіставлення даних метеостанцій про НЯ з даним АМПК, телеграм у коді RADOB. АМПК передбачає можливість вибору жорсткого диска для зберігання архівів:

1. Архів даних спостережень С: |IRAM|АРК,,АМПК I527524IGI994IMO5I000000.DAT. Один строк - один файл.

2. Архів даних спостережень С: |IRAM|АМПК,,SOPI000000.DAT. Один день – один файл.

3. Архів телеграм у коді RADOB С: |IRAM|АРХ,, RADOBI527524IGI994IMOSI000000:DAT. Один строк – один файл.

Під час роботи на жорсткому диску комп'ютера виконується архівація наступних даних:

1. У директорії С: |IRAM|АРХ,, ТІЛ записуються тексти всіх телеграм, переданих в АСУВД. Крім текстів телеграм у директорії С: |IRAM|АРХ,, ТІЛ перебуває файл NOMTEL,, DAT, де втримується інформація про номер і час передачі останньої телеграми. Телеграма зберігається в архіві протягом місяця, після чого автоматично знищуються;

2. У директорії С:|IRAM|АРХ,,АМПК|SINDEX|G????IM\*\*.

Кожний архівний файл складається з Паспорту огляду і даних спостережень. У Паспорті огляду зберігається вся інформація, необхідна для позначеної обробки та інтерпретації архівних даних: кут початку і кінця огляду, висоти ізотерм, умови спостережень у близькій зоні (виправлення на ослаблення радіохвиль опадами) та ін.

Файли даного архіву не знищуються автоматично. Даний архів повинен регулярно копіюватися (інженером–радіометеорологом) на дискети та тільки після цього змінюється системними засобами. Дискети з

архівом здаються представникові ІЛАМА і є обов'язковим звітним документом роботи штату МРЛ.

Для нормальної роботи СПЗ необхідна наявність наступних файлів здиректорією:

- розділ C:|IRAM|АМПК,, DAT файл, що містить, meteoini;
- розділ C:|IRAM|АМПК,,КОМ, у якому зберігається команди для керування комплексом;
- розділ C:|IRAM|EXE, у якому зберігаються файли, що виконуються СПЗ;
- розділ C:|IRAM|ТЕК, у якому зберігаються в ремонті файли СПЗ.

### **2.4.3 Апаратно-програмні засоби вітрового зондування атмосфери**

Дистанційні засоби вітрового зондування оперативно реєструють вітрові характеристики в значному обсязі простору та можуть завчасно попереджати про небезпечні явища.

У цей час є чотири основні типи дистанційних вимірювань вітру. Це содари, що працюють на акустичних хвилях, лідари, що використовують оптичне випромінювання, радіолокатори, що випромінюють радіохвилі, що ухвалюють, радіоакустичні системи, які комбінують акустичне та електромагнітне випромінювання. Усі дистанційні методи зондування засновані на випромінюванні хвиль, які при поширенні через атмосферу розсіюються у зворотному напрямку і реєструються приймачем.

#### Акустичні системи вітрового зондування, содари.

Інтенсивність взаємодії акустичної хвилі з атмосферними неоднорідностями дуже велика, приблизно в мільйон раз більше, ніж для електромагнітних хвиль. Тому в результаті взаємодії відбувається не тільки розсіювання хвиль, але і їх сильне поглинання та рефракція. Це приводить до того, що висота акустичного зондування звичайно не перевищує 1000 м перераховані ефекти дуже сильно залежать від частоти випромінювання (приблизно пропорційно квадрату частоти), тому при висоті зондування до 300 м використовуються частоти 5-10 кГц, а для висоти 1000 м частоту знижують до 1 кГц.

При акустичному зондуванні в атмосферу випромінюється коротка точка звукових хвиль, яка при розгляді розсіюється на акустичних неоднорідностях атмосфери. Джерелом акустичних неоднорідностей в атмосфері є неоднорідності полів вітру і температури, які в першу чергу пов'язані з турбулентними рухами.

Відбиті звукові хвилі реєструються акустичним приймачем поблизу джерела випромінювання (моностатичний содар). За часом затримки відбитого сигналу визначається дальність  $R$ , потужність відбитого сигналу

– інтенсивність турбулентності, а доплерівське зрушення частоти – проекція вітру в напрямку зондування.

Тривалість випромінюваного імпульсу лежить в інтервалі  $\Delta t_{\text{п}} = 0,05 - 0,3$  сек.

Швидкість поширення звуку  $C=340$  м/с; дозвіл дальності такої системи  $\Delta R = C \cdot \Delta t_{\text{п}} / 2 = 8 \div 55$  м.

Прийнята зворотна хвиля буде мати частоту, зрушену за рахунок ефекту Доплера.

Доплерівський сигнал виділяється на змішувачі при додаванні прийнятого сигналу з опорним. Оцінимо, який вигляд буде мати доплерівський сигнал і яку швидкості можна одержати при такому зондуванні. При зсуві розсіювача на  $\lambda/2$  фаза відбитого сигналу змінюється на  $2\pi$ , та реєструє доплерівську послідовність в сигналі з'являється один повний період синусоїди. Якщо проекція швидкості вітру на напрямок зондування  $V_B$  м/с, тоді за час одного імпульсу частка зміститься вздовж на відстань  $V_B \cdot \Delta t_{\text{п}}$ , а доплерівська послідовність буде містити  $N = 2V_B \cdot \Delta t_{\text{п}} / \lambda$  повних періодів коливань. Чим більше  $N$  повних періодів у доплерівській послідовності, тим вужчий спектр, і тим більш точно визначається доплерівська швидкість  $\Delta V_B$ , а саме,  $V_B / \Delta V_B = N$ . З одержуємо, що дозвіл швидкості  $\Delta V_B$  визначається тривалістю імпульсу та довжиною хвилі:

$$\Delta V_B = \lambda / 2 \Delta t_{\text{п}}$$

Чим довший імпульс, тоді дозвіл швидкості, але дозвіл по дальності  $\Delta R = C \Delta t_{\text{п}} / 2$ . В результаті для внутрішньої імпульсної обробки сигналу виходить співвідношення невизначеностей

$$\Delta R \Delta V_B = \lambda C / 4,$$

де  $\Delta V_B$  – дозвіл швидкості;

$\Delta R$  – дозвіл дальності,

$C$  – швидкість звуку;

$\lambda$  – довжина хвилі.

При типовій частоті зондування  $1.5$  кГц ( $=23$  см) і тривалості імпульсу  $100$  мс дозвіл швидкості складе  $1.1$  м/с, по дальності  $17$  м – цілком прийнятно для більшості метеорологічних завдань.

Важливе в содарах є їхня відносна простота, надійне забезпечення вимірювання швидкості і напрямку вітру в діапазоні висот від  $20$  до  $800$  м при відносно високому вертикальному дозволі ( $5-50$  м).

Гранична висота зондування дуже залежить від метеоумов у процесі вимірювань, знижується при наявності температурних інверсій в атмосферному прикордонному шарі, при сильній турбулентності і сильних

вітрах. Вимірювання дуже чутливі до сторонніх звуків, їх практично неможливо проводити при високо рівних фонових шумів і при наявності рідких опадів.

Моностатистичні содари мають приймач і випромінювач, сполучені в одному місці.

При цьому для одержання двох компонентів вітру потрібно два або більше випромінювача, або треба повертати моносодар на платформі.

Сучасні содари використовують антенну систему з трьома випромінювачами, один з яких спрямований вертикально, а два інших – під кутом до обрію (на північ або на захід). Створені також содари з мінівипромінювачами у вигляді плоскої антенної решітки, або у вигляді фазованої решітки.

Сучасні маловисотні содари мають максимальну висоту зондування до 200 м, використовуються звичайно для обслуговування вітрових електростанцій (содари TRITON(США), PCS.2000-24/LP(Німеччина), 4000 WE(США) і інші).

Друга група содарів з висотою зондування до 1000 м використовується для метеорологічних і екологічних цілей (содари XFAS, MFAS, SFAS (Німеччина): PCS.2000 (Німеччина), PAO-5(Франція-США); Echsonde 300, 600, 600PA(Англія-Сша); Хвиля-3; ЛАТАНИЙ-3 (Росія) і інші).

Є пересувні содари. Вони встановлюються на буксуючих причепах, що дозволяє їх встановлювати в різних місцях у короткий термін.

Таким чином, содари дозволяють проводити вимірювання вітру в 300-800 метровому прикордонному шарі атмосфери у відносно спокійних умовах (без сильного вітру та без рідких опадів).

#### Системи радіоакустичного зондування (RASS).

Принцип радіоакустичного вимірювання швидкості вітру полягає в штучному створенні в атмосфері навколишньої неоднорідності у вигляді звукових решіток.

Звуковий пакет зондують за допомогою радара, підбираючи довжину хвилі так, щоб виконувалася умова Брегга: довжина хвилі радара повинна бути вдвічі більше довжини звукової хвилі. Швидкість поширення звукової хвилі складається з швидкості звуку, яка визначається лише температурою та швидкості вітру. Проводячи вимірювання у вертикальному напрямку, можна одержати профіль температури, яку потім можна використовувати для одержання швидкості вітру.

Зручність радіоакустики полягає в тому, що швидкість вітру реєструється не на нульових доплерівських частотах, а на частоті, зрушеної на швидкість звуку. Це полегшує селекцію сигналу. Недоліки радіоакустики – у викривленні звукових решіток, як за рахунок розсіювання на турбулентність, так і за рахунок градієнтів вітру та сильної рефракції.



В результаті з збільшенням відстані звуковий пакет розпливається та відбитий радіолокаційний сигнал різко слабшає або зникає зовсім.

З цієї причини вітер середньої сили, порядку 10 м/с, часто створює настільки несприятливі умови, що вимірювання стають неможливими.

Система радіоакустичного зондування (Radio Acoustic Sounding System), (RASS) складається з содару, доповненого радаром.

Звичайна висота зондування вітру – порядку 1 км. RASS – прилад для наукових досліджень різних явищ в атмосфері, тому що дає одночасно інформацію про профілі вітру та температури.

Недоліки – радіоакустичних вимірювань практично неможливі вже при середньому вітрі, при випаданні опадів та високому шумовому тлі.

Типи RASS: LAP – 3000(Фінляндія), API000 RASS(Німеччина), RWP 50(США).

#### **2.4.4 Оптичні та радарні вітрові профайлери**

Оптичні вітрові профайлери (лідари). Умовно лідарні засоби для вітрових вимірювань діляться на недоплерівські та доплерівські системи.

Недоплерівські вимірювання засновані на вимірюванні зсуву максимуму взаємної просторово-тимчасової кореляційної функції інтенсивності, отриманої на різних рівнях конуса зондування, який описує лазерний промінь у напрямку, близькому до вертикалі. Фактично відбувається спостереження за переміщенням неоднорідностей відбиваності в горизонтальній площині.

За часом і напрямком зсуву неоднорідностей проводиться оцінка швидкості й напрямку вітру на заданій висоті зондування.

Недоліком такого методу є можливе невиконання умови стаціонарності поля відбиття при горизонтальному переміщенні розсіювачів. При переносі аерозолів до іншої ділянки конуса за рахунок турбулентності і вертикальних переміщень центр неоднорідностей зміщується не так, як середній вітер, що приводить до наростання погрешностей вимірювань або неможливості їх проведення.

Очевидно тому дані методи вітрового зондування серійно не використовуються.

Некогерентні доплерівські лідари реєструють сигнал, який на аерозолях або молекулах повітря. Випромінювання збирають телескопічним приймачем і аналізують на інтерферометрі.

При цьому використовується пряме детектування сигналу на різних частотах (каналах). Вимірюється доплерівське зрушення частоти прийнятого сигналу, за яким визначають проекцію вітру на напрямок зондування. При кінчному зондуванні це дозволяє визначити і швидкість,

і напрямом вітру на різних висотах. При розсіюванні на аерозолях виходить досить вузький інтерпритуємий сигнал.

На більших висотах, де немає аерозолів, основний сигнал формується при розсіюванні на молекулах повітря, при цьому спектр відбитого сигналу ширший, ніж при аерозольному розсіюванні, реєстрація доплерівського зрушення ускладнюється, тоді потрібне довгочасне накопичення сигналу для аналізу.

Така методика застосована в лидарі ALOMAR (Норвегія) для вітрових вимірювань у діапазоні висот 10-45км. Параметри лідара: довжина хвилі випромінювання 532 нм, частота повторення імпульсів – 30 Гц, енергія в імпульсі 600 мдж, дозвіл на висоті 200м.

Дана методика використовується для зондування верхніх шарів атмосфери.

Когерентні доплерівські лідари (КДЛ). У випадку КДЛ неухажне на аерозольних частках випромінювання зондувального променя після проходження через прийомну апаратуру телескопа зміщується з опорним променем і подається на чутливий елемент детектора.

З виникаючого в колі детектора фотоструму за допомогою вузько смугового частотного фільтра виділяється складова з інформацією про доплерівське зрушення частоти. Це – процес лазерного гетеродинування. При лазерному гетеродинуванні погоджуються в площині чутливо елемента детектора хвильові фронти опорного променя і неухажного відбитого променя.

Ефективність гетеродинування залежить від розміру елемента когерентності неухажного променя до площі поперечного перерізу опорного променя.

Посилення інтенсивності турбулентних пульсацій показника переломлення повітря в атмосфері може суттєво зменшити радіус просторової когерентності неухажного в атмосфері зондувального променя в площині телескопа і до падіння відносно сигнал/шум до рівня, при якому вимірювати вітер неможливо. З висотою коефіцієнт аерозольного зворотнього розсіювання зменшується, і у вільній атмосфері може стати настільки малим, що інформація про вітер може бути отримана або при більших потужностях зондувального променя, або з використанням спеціальних процедур обробки вихідних даних при тривалих лідарних вимірюваннях.

Зондувальний лазерний промінь може бути безперервним або імпульсним, тобто за цією ознакою когерентні доплерівські лідари підрозділяються на безперервні КДЛ і імпульсні КДЛ.

У безперервному КДЛ обсяг зондування формується фокусуванням лазерного променя на задану відстань. З збільшенням фокусної відстані разом з ростом дальності збільшується обсяг зондування. З таким лідаром інформація про вітер виходить з 10 м відстані, але при фокусуванні

променя на 1,5-2 км поздовжній розмір обсягу зондування стає порівнянний з дальністю вимірювання.

Максимальна дальність вимірювання з таким лідаром становить 1 км.

Недолік такого КДЛ – для відновлення висотного профілю вітру необхідно для кожної висоти перефокусувати промінь на відповідну відстань.

Загальний недолік безперервних КДЛ – поганий дозвіл на дальність, масштаб якого зрівняємо з самою дальністю.

Імпульсні КДЛ у порівнянні з безперервним мають більш широкі можливості вітрового зондування. Тут обсяг зондування визначається тривалістю зондувального імпульсу та поперечним розміром лазерного пучка. Проводиться внутрішня імпульсна когерентна обробка кожного імпульсу (як при обробці акустичних сигналів у содарів). Це утворює обмеження на довжину хвилі випромінювання  $\lambda$ , дозвіл швидкості  $\Delta V$  і дальності  $\Delta R$ :

$$\Delta V \cdot \Delta R = C \lambda / 4, \quad (2.2)$$

де  $C$  – швидкість світла.

З співвідношення (2.2) видно, що для покращення дозволу імпульсні КДЛ повинні працювати на більш коротких хвилях, наприклад, близькому інфрачервоному випромінюванні. Але виникає проблема позгодження хвильових фронтів опорного і неухважного випромінювання з точністю до десятих часток хвилі, завдання ускладнюється також через викривлення фронту неухважної хвилі при дворазовому проходженні атмосфери.

Відзначимо, що оптичні профайлери прекрасно працюють у ясну та тиху погоду, при якій радари зазнають труднощів, і навпаки, при складних і небезпечних метеоситуаціях (сильної турбулентності, вітру, випаданні опадів) найкращі параметри мають радари, а лідари практично не працездатні.

Радарні вітрові профайлери. Допплерівські радіолокаційні системи, призначені для визначення швидкості і напрямку вітру на різних висотах розроблені в кінці 50-х років. Для таких систем носіями інформації є неоднорідності діелектричної проникності різної природи, що захоплюються атмосферними потоками.

Перша аерологічна мережа вітрових профайлерів була сформовано в США в 1992 році – Wind Profiler Demonstration Network, а в Європі перша демонстрація вітрової мережі була проведена в 1997 році.

Проект називався COST Wind Initiative for a Network Demonstration in Europe (European Commission) (CWINDE). На цей час CWINDE складається з 30 профайлерів в 9 країнах, більшість працює на частоті 915-1280 МГц, кілька тропосферних радарів, розрахованих на висоти до 10 км і п'яти MST

радарів, що забезпечують вимірювання до 30 км. Формат таких даних ASC II або BVER.

Дана мережа використовується в чисельній моделі прогнозування погоди (NWPM). Аналогічні мережі існують в Японії і Південній Кореї.

Всього у світі в цей час функціонують близько 160 профайлерів. Вітрові радіолокаційні профайлери Radar Wind Profilers (RWP) використовують довгохвильову частину спектра частот. Смуги, у яких працюють типові профайлери становлять:

1. 30-60 мГц ( $\lambda=10\div 5\text{м}$ );
2. 400-550 мГц ( $\lambda=0,75-0,55\text{м}$ );
3. 900-1300 мГц ( $\lambda=0,3\div 0,23\text{м}$ ).

У Росії для цілей метеозабезпечення Збройних Сил розроблений доплерівський вітровий профайлер у діапазоні 35 гГц ( $\lambda=8\text{мм}$ ).

Фізика формування сигналу в радарях відрізняється від содарів і лідарів тим, що за час тривалості зондувального імпульсу  $tn=10^{-6}\text{с}$ , розсіювачі встигають зрушитися на декілька мікрон.

У порівнянні з довжиною хвилі радари це мізерна величина, тому імпульс відбивається в просторі від як би розсіювачів. Радар звичайно випромінює пучок з декількох сотень імпульсів з періодом повторення  $T$ , який пов'язаний з максимальною дальністю зондування

$$R_{\text{макс}}=cT/2,$$

де  $c$ -швидкість світла.

На фазовому детекторі реєструється фаза кожного імпульсу, яка змінюється від імпульсу до імпульсу за рахунок зсуву часток за час  $T$ .

В результаті формується послідовність прийнятих імпульсів, що і дає доплерівський сигнал. Такий режим називають імпульсно-когерентним. Але при такому режимі існує обмеження іншого роду. Воно пов'язане з вимогою, щоб за період  $T$  частки не повинні зрушуватися занадто сильно – не більше ніж на  $\lambda/4$ , відповідно до умови  $1/T=4V_{\text{макс}}/\lambda$ . Чим більше діапазон вимірюваних швидкостей, тоді буде вища частота повторення імпульсів.

При цьому можливе зниження максимальної однозначної дальності зондування  $R_{\text{макс}}$ . В результаті для імпульсно-когерентних радарів існує обмеження:

$$V_{\text{макс}} \cdot R_{\text{макс}} = C \lambda/8. \quad (2.3)$$

Тоді для вимірювання високих швидкостей на більших дальностях слід обирати як можна більшу довжину хвилі  $\lambda$ . А перехід у сантиметровий або міліметровий діапазон, гарний з погляду взаємодії випромінювача з

розсіювачем, буде обмежувати дальність, або максимальну вимірювальну швидкість.

На цей час не існує універсальних радарів, що дозволяють проводити вимірювання вітру від рівня землі у всьому шарі тропосфери при будь-яких погодних умовах. Кожний тип вимірювань має діапазон умов, у яких він працює, свої достатки та недоліки. Зупинимося докладніше на можливостях і характеристиках кожного типу радарних вітрових профайлерів.

Довгохвильові радарні профайлери діапазону 30-60 мГц з  $\lambda=10\div 5\text{м}$ , розрахований на вимірювання вітру на висотах від 2 до 30 км, іноді перекриваючи висоти до 60 км. Їх називають MST радарями (Mesosphere, Stratosphere, Troposphere). Розсіювачами для такого випромінювання є флуктуації показника переломлення, масштаб яких повинен бути  $\lambda/2$  (умова Брегга).

Але з збільшенням висоти мінімальний розмір флуктуацій, які пов'язані з інерційним масштабом турбулентності, зростають від декількох міліметрів у поверхні Землі, до декількох метрів в атмосфері, і чим більше планована висота зондування, тим більші довжини хвиль треба використовувати.

Недоліки MST радарів:

- необхідність великої антенної системи (розмір більше футбольного поля);

- більша споживча потужність;

- фізичне формування відбиттів таке, що при відхиленні променя від вертикалі на 5-10 градусів рівень сигналу спотворюється на 15-30 дБ. Тому необхідно накопичувати сигнал – від 20 хвилин до 1 години. Погрішність вимірювання швидкості вітру 3-5 м/сек;

- джерела відбиттів у мезосфері і атмосфері – це межа з більшим градієнтом індексу рефракції, переміщення яких у просторі не пов'язане з вітром. Це створює додаткові погрішності у вимірюванні швидкості та напрямку вітру.

Гідність MST радарів – можливість практично безперервного вимірювання профілю вітру до висот 20-30 км і більш. Практично це єдиний дистанційний засіб, що забезпечує вимірювання на таких висотах. Приклад їх використання в метеомережі – 5 ST радарів у Франції.

Вітрові радіолокаційні профайлери діапазону 400-550 мГц становлять основу американської мережі вітрових профайлерів NOAA. За висотою зондування вони перекривають всю висоту тропосфери до тропопаузи (до 10-16 км). Висотний дозвіл профайлерів 200-500 м, з розмірами антени  $13\times 13\text{ м}^2$ . Джерелом відбиттів є неоднорідності показника переломлення невеликих розмірів у порівнянні з зондуємим обсягом. Через високу чутливість приймача велика ймовірність фіктивних

тривог через відбиті сигнали від приземних джерел. З цієї причини вимірювання на малих висотах практично неможливі.

Профайлери L-Діапазону, 900-1300 Мгц із  $\lambda=0,3\div 0,23$  м найпоширеніші. Висота зондування 2500-5000 м залежно від тривалості імпульсу та потужності випромінювання.

Тут також висота вимірювань починається з 500 м рофайлери міліметрового діапазону.

Цей діапазон хвиль вважався безперспективним і фактично не використовувався. Причина – слабкі відбиття в ясну погоду без опадів і хмар, а сигнал формується від флуктуацій показника переломлення.

Нижній масштаб турбулентності на висотах більш 3 км перевищує 10см, тому берегговські умови формування відбиттів для міліметрових хвиль неможливі, і сигнали зворотного розсіювання на цих висотах відсутні. Але якщо ціль профайлера – прикордонний шар атмосфери, де вітер найбільш мінливий, а також небезпечні метеоусловія (опади, хмари, помірний або сильний вітер).

У таких умовах міліметровий діапазон найбільш перспективний.

При оцінці зростання сигналу при переході від звичайних 30 см до 8 мм по формулі Релея  $D_6/\lambda^4$ , то виходить вираш на 6 порядків.

Можна відзначити, що в цей час у світі немає універсального профайлера вітру, що забезпечує вимір, у будь-яких погодних умовах. Лідари та содари гарні для прикордонного шару атмосфери при відсутності опадів і несильному вітрі.

При складних погодних умовах: в опадах, сильному вітрі, при туманах або хмарності відмінні характеристики в радарних профайлерах міліметрового діапазону.

Спільне використання содара або лідара з міліметровим радіолокатором забезпечить всепогодність вітрових вимірів у прикордонному 1000 метровому шарі. Для вимірів вітру у всьому шарі тропосфери – від 30 до 10000 м слід додатково використовувати профайлери дециметрового діапазону разом з лідаром (содаром) і профайлером міліметрових хвиль.

## **2.5 Інтелектуальні системи моніторингу навколосемних просторів**

### **2.5.1 Апаратура метеорологічного супутника Землі**

Метеорологічний супутник Землі (МСЗ) - це комплексна автоматична обсерваторія, оснащена складним устаткуванням для виміру, зберігання і передачі інформації. Тільки за один оборот навколо Землі такий супутник дозволяє одержати інформацію про хмарність з території приблизно 8% поверхні земної кулі, а дані про радіаційних потоків з 20%

поверхні Землі. Особливість супутникових спостережень – одержання комплексу даних у вертикальній і горизонтальній площинах, необхідних для аналізу та прогнозу погоди.

#### Наукова та службова апаратура МСЗ

Розроблені та реалізовані супутникові спостереження в широкому діапазоні випромінювань – від ультрафіолетового до мікрохвильового спектра, що відкриває більші можливості для визначення сукупності параметрів фізичного стану атмосфери, що підстилає поверхні. Для одержання і передачі гідрометеоінформації всіх видів, на МСЗ устанавлюється комплекс бортової апаратури. Комплекс ділиться умовно на дві групи: комплекс наукової апаратури і комплекс службової апаратури.

Комплекс наукової апаратури призначений для одержання інформації про стан атмосфери, що підстилає поверхні Землі. Відповідно до особливостей регистрируємої інформації наукова апаратура умовно розділена на оглядову та вимірювальну.

Оглядова апаратура, що працює в основному у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра випромінювання призначені для одержання зображень хмарності, крижаних, сніжних полів поверхні, що підстилає. У якості такої апаратури використовують камери та телевізійні системи, що роблять зйомку відповідно до однакових геометричних закономірностей, основних на центральній перспективі, а також сканери, що пасивно сприймають, що йдуть випромінювання від системи Земля – атмосфера.

Широко використовувані спектри працюють у діапазоні 0,3 – 14 мкм. Вони забезпечують заелементний перегляд поверхні вузьким тілесним кутом поля зору, перетин якого поверхнею визначає елементарний майданчик- дозвіл апаратури.

Інтегральний потік електромагнітного випромінювання розділяється від оптичною системою на складові частини, фіксується на детекторах, що перетворюють, що попадає на них енергію в електричний сигнал.

МСЗ устанавлюються також радіолокатори бічного огляду, що ведуть зйомку в архівному режимі. Антена, розташована уздовж поздовжньої частки носія, посиляє в перпендикулярному польоту напрямку на досліджувану поверхню радіоімпульси в межах діаграми випромінювання, що має форму вузької пелюстки. Відбиття поверхневого імпульсу ухвалюються тією ж антеною перетворюються в сигнал, передані на Землю або, що запам'ятовуються на борті.

Важливою характеристикою МСЗ є розв'язна здатність, а також ширина смуги огляду. Ця апаратура працює або в режимі прямої передачі інформації споживача (у реальному масштабі часу), або в режимі архівації інформації на борті МСЗ. Перший режим призначений для одержання регіональної інформації, другий - для одержання глобальної інформації.

Наукова інформація оглядового характеру звичайно представляється у вигляді космічних зображень (знімків).

Апаратура для одержання кількісних характеристик або абсолютних величин власного випромінювання Земля – атмосфера. Така сама наукова система може бути як для оглядової, так і вимірювальної. Умови роботи наукової апаратури МСЗ постійно контролюються телеметричними обладнаннями.

Дані телеметрії на наземні пункти приймальної інформації передаються по особливому каналу зв'язку або вводяться в інформацію, формовану науковою апаратурою.

Комплекс службової апаратури, призначений для підтримки нормального функціонування наукової апаратури і всього супутника в цілому включає:

- систему стабілізації і орієнтації;
- бортову систему керування;
- радіотелеметричну систему;
- систему електропостачання;
- систему терморегулювання МСЗ.

Радіотелеметрична система (РТС) – це просторово рознесена (розташовуван на супутнику та Землі) багатоканальну інформаційно-вимірювальну систему, що передає службову інформацію. Основними завданнями системи є: збір вимірювальної (наукової) і контрольної інформації від бортових датчиків, перетворення її в електричні сигнали, передача з супутника і радіолінії, приймання на Землі, обробка у формі, зручної для споживача. До складу бортової апаратури РТС входить запам'ятовувальний пристрій, призначене для накопичення інформації на ділянці польоту, де відсутній зв'язок між МСЗ і наземною станцією. Накопичені дані передаються після входження супутника в зону радіовидимості за командою з Землі або за програмою роботи.

Наземні станції опрацюють і реєструють прийняту інформацію.

## **2.5.2 Наземний комплекс приймання супутникової інформації**

Головною метою функціонування наземного комплексу приймання обробки та поширення супутникової інформації (НКПО) є забезпечення державних органів керування, організацій федеральних міністерств і відомств (Укргідромету, МНС) всією доступною інформацією, отриманої за допомогою оперативних супутникових систем, необхідної для розв'язку державних завдань (гідрометеорологічне забезпечення, стану моніторингу навколишнього середовища).

Основні функції НКПО:

- планування роботи бортових вимірювальних комплексів (БВК);
- приймання, обробка, архівація та поширення супутникових даних.



До складу наземного комплексу приймання, обробки, архівації і поширення супутникових даних входять НКПО Укргідромету (утворюючий основу державного НКПО України), а також малі станції приймання супутникових даних (відомчі, територіальні та комерційні).

Особливості приймання та обробки супутникової інформації програмним комплексом.

Апаратно-програмний комплекс (АПК) «Ліана» це наземна станція яка призначена для приймання зображення Землі з полярно-орбітальних супутників серії NOAA у форматі АРТ (Automatic Picture Transmission) у діапазоні 137 мГц. Можливе приймання з інших ІСЗ з подібними форматами скидання (Метеор-3, Ресурс-01).

Основну частину прийнятої інформації становлять дані двох спектральних каналів (близького ІК і теплового ІК) скануючого радіометра AVHRR. Зображення мають просторовий дозвіл 3,3 км у смузі огляду ~ 3000 км для метеорологічних цілей.

Станція одержує зображення навколишнього середовища 8-12 раз на добу. Обсяг інформації за один сеанс зв'язку – 3, 3.5 МБ. До складу станції входить малощумлящий підсилювач (МШУ), інтерфейс зв'язку з комп'ютером, персональний комп'ютер і програмне забезпечення. Антена станції – спіральна, невиправлена, не вимагає керування.

Програмне забезпечення станції складається з двох додатків Windows: SL Receiver і Scan Viewer.

Основні функції програмного забезпечення SL Receiver:

- розрахунки та розклад приймання (проходження супутників через зону видимості станції) за орбітальними елементами супутників у стандартних формах TLE і TBUS;
- автоматична активація станції за розкладом;
- запис прийнятих даних на диск ПЕВМ;
- візуалізацію прийнятих зображень у реальному часі.

Основні функції програмного забезпечення Scan Viewer:

- візуалізація зображень;
- географічна прив'язка зображень з положенням карти та можливістю корекції прив'язки за опорними точками;
- фрагментацію зображення;
- експорт зображень в обмін на графічні формати та вивід даних до друку.

Апаратно-програмний комплекс «СканЕкс».

Він призначений для приймання і запису інформації від полярно-орбітальних супутників серії NOAA у форматі HRPT (High Resolution Picture Transmission) в діапазоні 1.7 гГц.

Основна частина прийнятого потоку інформації становлять дані скануючого радіометра AVHRR, який формує зображення поверхні, що підстилає, в 5 спектральних діапазонах (від видимого до теплового

інфрачервоного) в смузі огляду шириною 3000 км, з просторовим дозволом у середині смуги 1.1 км.

Станція одержує зображення навколишньої її території 8-12 раз на добу. Обсяг інформації, одержуваної за 1 сеанс зв'язку – до 80 МБ.

Приймання інформації здійснюється безкоштовно за концепцією «відкрите небо» Всесвітньої Метеорологічної Організації.

АПК «Сканэкс» ухвалює інформацію МСЗ у цифровому форматі HRPT 1670-1710 мГц за дозволом 1.1 км.

Комплекс працює на базі звичайного IBM сумісного персонального комп'ютера та повністю управляється програмно. Участь оператора потрібна лише для корекції таймера комп'ютера, контролю вільного простору диска, заміни орбітальних даних і розрахунків розкладу.

Програмне забезпечення АПК включає наступні додатки:

- приймання яке забезпечує керування АПК при прийманні і тестуванні, розрахунки розкладу проходження супутників у заданий інтервал часу, автоматичне приймання даних за розкладом, розрахунки траєкторії супутника для керування антеною, індикацію стану антени та потоку даних у процесі приймання, формування файлу прийнятих даних і запис його на жорсткий диск, формування растрового зображення;

- одночасно з спектральних каналів і відображення його на дисплей в режимі приймання;

- перегляд - забезпечує перегляд зображень у довільному чорно-білому, псевдокольоровому або синтезованому кольоровому вигляді, чисельне масштабування при відображенні, корекції яскравості і контрастності, географічну прив'язку орбітальних елементів, розрахунки гістограм і заелементну фотометрію, радіяркістне калібрування зображень, корекцію прив'язки за реперними точками у зображенні, розрахунки абсолютних величин температури поверхні води та вегетаційного індексу, автоматичне детектування вогнищ пожеж за температурними ознаками;

- архівація - забезпечує ефективну роботу з більшою кількістю знімків і дозволяє організувати запит за датою та територією знімка;

- географічна нормалізація – забезпечує трансформацію зображень у ряд географічних проекцій і експорт їх у форматі Windows BMP.

### **2.5.3 Космічні апарати дистанційного зондування**

Основною перевагою використання метеорологічних космічних систем, що включають кілька однотипних космічних апаратів (КА), є одержання в глобальному масштабі гідрометеорологічних даних з необхідним дозволом.

Метеорологічна космічна станція «Метеор». До складу якої входять два супутники «Метеор-2» на квазіполярних колових орбітах висотою

близько 900 км, площини яких перетинаються під кутом  $100^\circ$ . Кут нахилу орбіти  $81.2^\circ$ . Середній період обігу 102.5 хвилини. На супутнику встановлена апаратура для одержання зображень хмарності, крижаних і сніжних полів поверхні, що підстилає (у діапазоні 0,5-0,7 мкм), для виявлення та простежування хмарності на тіньовій стороні Землі (у вікні прозорості 8-12 мкм), і інша спектрометрична апаратура для визначення температури і висоти верхньої межі хмар, для розв'язку завдань термічного зондування атмосфери і для спостережень за потоками проникаючого випромінювання в навколоземному просторі.

Метеорологічний полярно-орбітальний КА «Метеор-3М» №1, Він призначений для розв'язання наступних основних завдань:

- одержання глобальних і регіональних зображень хмарності у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра для синоптичного аналізу та синоптичних процесів;
- одержання глобальних і регіональних даних про температури поверхні океану та висоту верхньої межі хмарності;
- визначення місця розташування та динаміки переміщення атмосферних вихрів;
- одержання даних про льодову обстановку на акваторіях морів і океанів, межах сніжного покриву;
- одержання даних температурно-вологості зондування атмосфери, в зонах інтенсивних опадів, інтегральному водозапасі хмар.

Запущено 10.12.2010 орбіта – сонячно-синхронна, максимальна висота орбіти – 1029 км, мінімальна – 1005 км, нахилення -  $99^\circ 60'$ , період обертання 105,3 хв.

Радіолінії: діапазон 8,2 ГГц (передача даних МСУ-Е, МСУ-СМ); діапазон 1,7 ГГц (передача даних SAGE-III, МИВ3А, МТВ3А, МСГН-5ЕН, КГН-4С); діапазон 0,465 ГГц (передача глобальних даних).

Супутник NOAA (США). Колова орбіта 870 км висотою, один оберт супутник робить за 102 хв. Зона радіовидимості становить  $\pm 3400$  км, за один прохід супутника виходить інформація з поверхні  $\sim 3000 \times 7000$  км.

Спектральні канали спектра супутника обрані так, що попадають у вікна прозорості атмосфери:

- 1-й – 0.58-0.68 мкм (червона ділянка);
- 2-й – 0.725-1.0 мкм (близький ІК);
- 3-й – 3.55-3.93 мкм (ділянка ІК діапазону, оптимальна для вимірювання випромінювання від пожежі);
- 4-й – 10.3-11.3 мкм (канал для вимірювання температури поверхні суші, води та хмар).

На супутнику NOAA-15 встановлено додатковий канал на хвилі  $\sim 1,6$  мкм для розпізнавання снігу та льоду.

Сигнали кожного каналу квантуються на 1024 рівня (10-розрядне квантування). Швидкість передачі інформації 665.4 Кбіт/с. На супутнику

встановлена апаратура HIRS для визначення температури в тропосфері на різних висотах (вертикальні профілі атмосфери) в полі огляду 2240 км. Для цього є скануючий спектрофотометр ІК-діапазону, що використовує властивість вуглекислого газу змінювати положення та ширину лінії поглинання на довжину хвиль порядку 14-15 мкм залежно від тиску.

Оцінюється також загальний зміст озону (ЗЗО) в стовпі атмосфери за поглинанням теплового випромінювання від поверхні Землі та атмосфери на довжину хвилі 9.59 мкм. Та вертикальні профілі, і ЗЗО обчислюються на прийомному кінці шляхом розв'язку зворотних завдань.

Крім того, супутник має прилад SSV для дослідження стратосфери, мікрохвильвий прилад для вимірювання температурних профілів стратосфери, апаратуру пошуку і порятунку за міжнародною програмою КОМПАС|SARSAT, систему ARGOS для збору метеорологічної та океанографічної інформації з автоматичних метеостанцій, морських буїв і повітряних куль. ARGOS дозволяє стежити за міграцією великих тварин і птахів, у яких прикріплені малогабаритні передавачі.

Супутник «Ресурс-01» (Росія). Висота орбіти 650 км, період оберту 97.4 хв, кут нахил орбіти – 97.97.

Сканер МСУ-СК з конічним розгорненням має швидкість сканування 12.5 дуг/с, дозвіл 150×250 м, смугу огляду 600 км, спектральні канали:

- 0.5-0.6 мкм (зелена ділянка спектра);
- 0.6-0.7 мкм (червона ділянка);
- 0.7-0.8 мкм (червоний і близький ІК);
- 0.8-1.1 мкм (близький ІК);
- 10.5-12.5 мкм (тепловий з дозволом у каналі 500м).

Сигнал кожного каналу квантується на 256 рівнів. Над однією тією ж поверхнею супутник пролітає один раз в 14 днів.

Супутник LANDSAT-5 (США). Висота орбіти – 705 км, нахил орбіти – 98.2, період обігу – 98 хв.

Над однією й тією ж точкою поверхні пролітає 1 раз в 16 днів приблизно в 9 годин 45 хвилин за місцевим часом.

Встановлено два сканери з циліндричною розгорткою – MSS (Multi Spectral Scanner) і ТМ (Thematic Mapper). Сигнали MSS квантуються на 64 рівня, сигнали ТМ – на 256 рівнів.

Супутник «Океан-0» ( Росія-Україна). Висота орбіти 667км, період оберту 97.98 хв, кут нахилу орбіти 98.03.

На супутнику встановлено дві некогерентні радіолокаційні станції бічного огляду (РЛС БО). Антени РЛС спрямовані відповідно вліво і вправо від напрямку руху супутника. Смуга огляду кожної РЛС – 455 км, кут падіння променя на поверхню, що підстилає, – 20,48. Просторовий дозвіл ~ 1.3 км поперек напрямку руху супутника та 2.5 км вздовж нього.

## 2.5.4 Приймання супутникової інформації

Станція приймання інформації з супутників на Землі має антену з опорно-поворотним обладнанням (ОПО), радіоприймальне обладнання та засобу обробки, зберігання та відображення інформації.

При проходженні радіохвиль крізь атмосферу на Землі враховується вплив атмосфери (0-11км) і іоносфери (вище 80 км) оскільки в діапазоні супутникових частот виникає загасання в атмосферних газах і опадах, змінюється поляризація хвилі, з'являються дисперсійні викривлення.

При проходженні через іоносферу лінійно-поляризовані хвилі розщеплюються на два еліптичні поляризовані компоненти (звичайний і незвичайний), які поширюються з різною швидкістю через вплив магнітного поля Землі. В результаті додавання цих компонентів у точці приймання площина поляризації результуючої хвилі повертається на деякий кут (ефект Фарадея), що залежить від електронної концентрації  $N_e$  в іоносфері і напруги геомагнітного поля  $H$  вздовж шляху радіохвиль в іоносфері. Для нього характерна регулярна залежність від часу доби, сезону й фази циклу сонячної активності, а також випадкові зміни, пов'язані з геомагнітними бурями та нерегулярними іоносферними неоднорідностями. На частоті 1 ГГц кут повороту лежить у межах  $1-100^\circ$  і зменшується з ростом частоти як  $1/f^2$ .

При проходженні через іоносферу широкосмугові сигнали спотворюються, оскільки час поширення складових його спектра буде різним. Це явище відносної дисперсії, яке характеризується різницею затримки між нижніми і верхніми частотами спектрів сигналів, що поширюються через іоносферу.

Відносна дисперсія залежить від  $N_e$ ,  $H$  та обернено пропорційна  $f^2$ , на частоті 1 ГГц може досягати 0.4нс/МГц і призводити до викривлення сигналів, що проходять через іоносферу.

Потужність сигналу в місці приймання оцінюється так

$$P = P_{пер} / 4\pi L^2.$$

$L$  – відстань між передавачем і приймачем;

$P_{пер}$  – потужність передавача, тоді при ізотропному випромінюванні вся енергія розподіляється по площі сфери радіусом  $L$ , яка дорівнює  $4\pi L^2$ .

Реально супутник передає інформацію лише в нижню півсферу у бік Землі. При цьому враховується коефіцієнт спрямованої дії  $D \geq 1$  – відношення щільності потоку потужності ізотропного випромінювання при умови рівності загальної випромінюваної потужності. КНД пов'язаний з площею апертури  $S$ , довжиною хвилі  $\lambda$  співвідношення  $D = 4\pi S / \lambda^2$ . При випромінюванні лише в нижню півсферу  $D = 2$ . Звичайно антени на

супутниках мають  $D=3-4$ , що дозволяє ухвалювати інформацію наземним станціям з будь-яких напрямків – від обрїю до обрїю.

Таким чином

$$P = P_{\text{пер}} \cdot D / 4\tau L^2.$$

Прийомна антена – бар'єр, що поглинає потік енергії від передавальної антени.

При площі апертури прийомної антени  $S=5$ , прийнята потужність від передавача

$$P_{\text{пр}} = S \cdot P = S \cdot P_{\text{пер}} \cdot D / 4\tau L^2.$$

При збільшенні  $S$  зростає  $D$  співвідношення  $S/\lambda^2$  - в результаті  $D$  збільшується, діаграма спрямованості та звужується, у результаті рівень перешкод і шумів з бічних напрямків теж знижується.

Розміри прийомної антени визначаються шириною смуги частот, необхідної для передачі інформації – інформаційної ємності каналу зв'язки  $C$ . Для обчислення  $C$  необхідно знати параметри сканючого обладнання, швидкість переміщення підсупутникової точки  $V_3$  на Землі.

Якщо дозвіл сканера вздовж напрямку руху супутника дорівнює  $\Delta L$ , тоді за секунду зчитується інформація з  $V_3/\Delta L$  рядків.

Тоді:

$$\tilde{N} = V_3 \cdot n i k n / L = V_3 G i k n / L^2, \quad (2.3)$$

де  $L$  – число біт, які використовуються для запису яскравості кожного пікселя,

$n$  – число спектральних каналів;

$k$  – параметр завадостійкості кодування інформації,  $K \geq 1$ .

$$N = G / \Delta L,$$

$N$  - число пікселів в ряді, яка пов'язана з шириною смуги огляду  $G$  співвідношення.

Наприклад, для  $\Delta L=1,1$  км,  $V_3=6,56$  км/с,  $G=1670$  км,  $i=10$ біт,  $n=s$ ,  $k=1$ . Швидкість передачі інформації  $C=500$ кбіт/с. При  $\Delta L=50$  м за тих самих умов  $C=50$ Мбіт/с. Поліпшення просторового дозволу приводить до збільшення інформаційного потоку, який обернено пропорційний квадрату дозволу.

## **3 ЗАСОБИ ЗВ'ЯЗКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **3.1 Сучасні телекомунікаційні технології**

Практично на всіх телекомунікаційних системах інформація передається за допомогою електромагнітних хвиль – низькочастотними кілогерцами у телефоні та модемах для телефонних ліній, радіочастотними (ГГц) – в абсолютній більшості провідних і бездротових систем зв'язку, досить високочастотними (10<sup>14</sup>÷10<sup>15</sup> ГГц) – в оптичних системах зв'язку. Форма, спектр, потужність сигналу можуть варіюватися в найширших межах, причому основна тенденція полягає в застосуванні більш складних сигналів (з порівняно широким спектром і складною тимчасовою структурою), що забезпечують високу ефективність каналів зв'язку при обмеженій потужності передавачів.

Сигнали у фізичному каналі зв'язку завжди є аналоговими – безперервними функціями часу для напруженості поля або струму і напруги. Однак при передачі цифрової інформації використовуються особливі способи модуляції і кодування (кодо-імпульсна модуляція) для внесення інформації в електромагнітний сигнал, який прийнято називати цифровим. Використовуються «цифрові методи» модуляції/кодування, щонайкраще які використовуються для передачі цифрової інформації.

Під пропускну здатністю каналу розуміють максимально досягну швидкість передачі інформації в біт/с. Обмеженнями звичайно є довжина каналу, тип середовища, потужність передавача, популярність приймача, зайнята смуга частот, характеристика перешкод, припустимі помилки.

Теорія сигналів затверджує, що в ідеальному аналоговому каналі без перешкод і викривлень пропускну здатність не обмежена. Однак в реальній системі зв'язку сигнал спотворюється через перешкоди та недосконалість систем обробки сигналів. Аналогові сигнали на всіх стадіях обробки і передачі мають випадкові зміни, зворотне перетворення їх у цифровий потік відбувається з помилками.

Наявність окремих помилок не є фатальним, оскільки існують методи кодування з надмірністю, що дозволяє виявляти помилки та відновлювати окремі перевернуті біти. У пакетному режимі можна організувати повторну передачу перевернутих пакетів і добитися приймання повної та достовірної інформації. Однак при великій ймовірності помилок ефективність каналу зв'язку зменшується.

Без обліку коригувальних кодів часина помилок може бути помітною до декількох відсотків і навіть гірше, але після перешкод декодування вважається частка помилок 10<sup>-5</sup>...10<sup>-9</sup>.

Для оцінки викривлення аналогового сигналу при передачі по кабельному середовищу, наприклад по крученій парі, коаксіальному кабелю або оптичному волокну, важливими є наступні фактори:

- загасання (у тому числі залежне від частоти);
- затримка та викривлення форми сигналу, пов'язані з дисперсією;
- шум;
- перехресні перешкоди.

При бездротовій передачі до радіоканалу додаються:

- викривлення через багатопроменеве поширення каналу;
- перешкоди від інших технічних засобів або природних явищ.

При характеристиці ефективності каналу зв'язки розглядають взаємозалежні поняття:

- швидкість передачі даних – швидкість, виражена в бітах за секунду, з якої можлива передача даних;
- смуга частот – ефективна ширина спектра переданого сигналу в герцах;
- спектральна ефективність – відношення швидкості передачі даних до смуги частот;
- відношення сигнал/шум – виражене в децибелах від повної потужності сигналу до потужності шуму на вході приймача;
- частота помилок – частота, з якої виникають помилки при прийманні бітів, символів (баудів) або пакетів.

Теорія дозволяє зв'язати перераховані характеристики і визначити максимальну пропускну здатність каналу зв'язки. В ідеальному каналі (відсутність шуму та викривлень) спектральна ефективність необмежена. В реальних каналах вона становить одиниці або (у кращих випадках) десятки біт/герців/сек. Звідси впливає фундаментальний висновок про необхідність використання широкосмугових каналів для забезпечення високої пропускну здатності. На жаль, смуга пропускання завжди обмежена і технічно, і економічно.

Важко вказати точні цифри, тому що моделі та алгоритми розрахунків існують лише для обліку впливу білого шуму найпростіших дисперсійних викривлень. Дуже складно оцінити деградацію якості каналу при впливі нестационарних перешкод або ефектів багатопроменевого поширення радіохвиль.

У реальних умовах при впливі перешкод викривлень швидкість передачі інформації не обов'язково досягає свого номінального значення – програмне забезпечення модемів спростить формат модуляції, знизить швидкість передачі та спектральну ефективність, щоб забезпечити припустимий відсоток помилок у поточних умовах.

У виділених кабельних каналах зв'язку (особливо оптоволоконних) можна контролювати рівень і характер перешкод і простіше задати пропускну здатність. При бездротовій передачі доводиться допускати з



непередбаченим характером перешкод і адаптувати формат модуляції, швидкість передачі та спектральну ефективність до швидко мінливих зовнішніх умов.

Комунікаційні протоколи всіх рівнів вирішують проблеми помилок в каналі зв'язку, це завжди небажане, але звичайно не фатально, і в розумно спроектованій системі передбачається можливість появи та обробки певної частки помилок. Повна відсутність помилок на нижніх рівнях означає встановлення надмірності в характеристиках апаратури, що доцільно лише в критичних додатках.

В системах зв'язку середовище передачі – це відповідне середовище поширення і напрямку системи, якій сигнал – електромагнітної хвилі – поширюється від передавача до приймача. Середовища передачі даних можна розділити на кабельні й бездротові.

При передачі сигналів кабельних середовищах хвилі поширюються вздовж непрямої системи, наприклад крученої пари, коаксіального кабелю або оптичного волокна. Атмосфера та космічний простір – приклади бездротових середовищ. Електромагнітні хвилі в таких середовищах можуть поширюватися як прямо, так і з перевідбиттями на перешкодах. Така передача сигналів називається бездротовою. Характеристики каналу зв'язку визначаються як характеристиками середовища, так і властивостями сигналу. Для кабельних середовищ істотні наступні характеристики – робочий тип хвилі, загасання, дисперсія, які обмежують пропускну здатність каналу. Зовнішні перешкоди слабкі, шум в основному тепловий і досить передбачуваний.

### **3.1.1 Кабельне середовище**

Кручена пара – найдешевше та розповсюджене середовище передачі даних. Вона складається з двох ізольованих мідних проводів, звитих один з одним.

Кручена пара являє собою один канал зв'язку. Звичайно кілька кручених пар поєднуються в кабель з щільною захисною оболонкою. Такі кабелі можуть складатися з сотень кручених пар. Скручування пари знижує зовнішні та перехресні перешкоди від сусідніх проводів.

Крок скрутки – кілька міліметрів або сантиметрів. Товщина проводів пари 0,4...0,9 мм. Хвильовий опір ~ 110...1200 м. Типова швидкість передачі даних такого каналу ~ 100 Мбіт/с. Це – найпоширеніше середовище передачі аналогових і цифрових сигналів у телефонних мережах, у локальних мережах об'єднання комп'ютерів.

Кручені пари бувають двох типів:

- екрановані;
- неекрановані. Неекранована кручена пара (Unshielded Twisted Pair, UTP) – це найбільш дешеве середовище передачі даних, яка

використовується в локальних середовищах. Такі мережі легко встановлювати й екранувати. Така пара піддається електромагнітним перешкодам. Екранована пара знижує перешкоди. Екранована кручена пара (Shielded Twisted Pair,STP) – забезпечує кращі комунікаційні характеристики, але вони дорожчі ніж неекрановані кручені пари.

Згідно з стандартом EIA-568-A розрізняють три категорії неекранованих кручених пар:

- категорія 3. Неекранована пара з смугою пропускання  $\leq 16$  МГц;
- категорія 4. Неекранована пара з смугою пропускання  $\leq 20$  МГц;
- категорія 5. Неекранована пара з смугою пропускання  $\leq 100$  МГц.

Найбільше поширення в локальних мережах одержали неекрановані кручені пари категорій 3 і 5. При передачі на малі відстані в кабелях категорії 3 досягається передача інформації 10 Мбіт/с.

В кабелях категорії 5 – до 100 Мбіт/с відмінність між категоріями 3 і 5 – у кроці розкручування.

Кабель категорії 5 скручений значно щільніше (крок скрутки від 0,6 до 0,85мм), а кабель категорії 3 – з кроком розкручування від 7,5 до 10 см. Відповідно кабель категорії 5 дорожче за кабель категорії 3.

Як і кручена пара, коаксіальний кабель складається з двох провідників – пустотілого зовнішнього циліндричного провідника та розташованого всередині центрального провідника. Хвильовий опір коаксіального кабелю визначається відношенням діаметрів і діелектричною проникністю діелектрика. Типове значення хвильовий опір 500м відповідає мінімуму загасання та технологічним характеристикам кабелю. Це – найбільш універсальне середовище передачі даних. Він широко використовується в системах кабельного телебачення, але з хвильовим опором 750 м.

Оптичне волокно – це тонкий світовод (від 2 до 125мкм у діаметрі), здатний каналізувати світловий промінь. Ефективне поширення світла в оптоволоконі засноване на принципі повного внутрішньої напруги. Таке можливо, якщо серцевина оптоволоконна має більший показник переломлення.

Оптоволоконно може мати ступеневий характер зміни показника переломлення або плавний (градієнтне оптоволоконно – з плавноміняючим профілем показника переломлення).

В оптоволоконних системах використовуються джерела світла двох типів:

- світловипромінювальні діоди;
- інжекційні лазерні діоди.

Оптичне волокно працює в діапазоні частот 1014-1015Гц – частини інфрачервоного та видимого спектрів. Досягнуті швидкості передачі даних у сотні Гбіт на відстанях у десятки кілометрів.

## 3.2 Бездротове середовище

У бездротових середовищах провідну роль відіграє розподіл частотного радіоспектру, яке завжди контролюється державними органами. Діапазони частот діляться на ліцензуємі (для роботи в таких діапазонах необхідний дозвіл) і неліцензуємі (при деяких обмеженнях на потужність і спосіб модуляції дозвіл не потрібно).

Ширина відведеного діапазону частот визначає обмеження на пропускну здатність каналу зв'язки. При оцінці необхідного частотного ресурсу треба брати до уваги невисоку спектральну ефективність ефірних телекомунікаційних систем – 1біт/герців/с і для систем з багатопроменевим поширенням, при прямому поширенні (як у радіорелейних системах). Широку смугу частот простіше виділити на високих частотах. Смугу мегагерц або десятків мегагерц можна виділити лише на частотах вище 2ГГц. Радіосистеми з робочими частотами нижче 2ГГц і є порівняно низькошвидкістними.

Робоча частота визначає умови поширення радіохвиль, впливає на розміри антен і вартість прийомопередавачів. Збільшення робочої частоти дозволяє побудувати більш ефективні антени, зайняти більшу смугу частот, але погіршує умови поширення при непрямій видимості.

При виборі робочих частот враховуються не лише особливості поширення радіохвиль і наявну технічну базу, але й вимоги нормативних документів, що різняться в різних країнах.

Діапазон частот до 2ГГц занадто щільно зайнятий, його складно використовувати для високошвидкісної передачі даних. Тут функціонує телебачення, стільникові мережі, супутниковий зв'язок, системи телефонії та передачі даних DECT і ін. В окремих випадках досягаються швидкості в десятки і сотні кбіт/с (як в DECT, CDMA і GSM мережах стільникового зв'язку) або навіть десятки Мбіт/с (як у цифровому телебаченні DVB-T).

Частоти в діапазоні від 2 до 40ГГц спочатку використовувалися для організації радіорелейних ліній і супутникових каналів зв'язку. На частотах вище 10 ГГц помітні впливи загасання в атмосфері і дощу.

Дуже швидко розбудовуються технології масового ринку діапазону 2...60 мГц, наприклад групи стандартів бездротових ЛВС IEEE 802.11 (об'єднана назва WI-FI), а також стандартам груп IEEE 802.16 (Wimax) і IEEE 802.20.

### 3.2.1 Супутникові канали

Супутник зв'язок – інтелектуальна ретрансляційна станція, що використовується для зв'язку двох або більше передавачів/приймачів. Звичайно супутник ухвалює сигнал в одній смузі частот (зростаюча лінія – канал «нагору») і передає посилений сигнал на іншій частоті (спадаюча

лінія – канал «вниз»). Одна орбітальна станція може працювати з рядом частотних діапазонів.

На вибір орбіт супутників зв'язку впливає кілька факторів. По-перше, небажане влучення супутника в радіаційні смуги (2...6 тис.км і 15...30 тис.км). По-друге, геометрія орбіти визначає час обігу, довжина радіотрас, вимоги до діаграм спрямованості антен і їх юстировки.

Досить розповсюдженими є геостаціонарні супутники (Geostationary Satellite, GEOS). Якщо супутник перебуває на коловій орбіті на висоті 35 838км над рівнем океану та обертається в екваторіальній площині, його кутова швидкість буде збігатися з швидкістю обертання Землі. В результаті супутник буде весь час залишатися над однією і тією ж точкою на екваторі. Таке розташування супутника має цілий ряд гідностей. Оскільки супутник нерухливий відносно Землі, не виникає проблем, пов'язаних з ефектом Доплера, тобто з зміною частоти, викликану рухом супутника щодо антени. Спрощується завдання наведення антени на супутник. З висоти 35 838 км супутник може охопити приблизно чверть поверхні Землі. Трьох рівновіддалених один від одного геостаціонарних супутників досить, щоб охопити самі населені райони земної кулі, крім, полярних регіонів. Однак на відстані більш 35 000 км сигнал досить сильно слабшає, полярні регіони через геостаціонарні супутники практично недоступні та велика затримка поширення сигналу (до 0,5с). Така затримка відчутна навіть у звичайних телефонних розмовах.

Особливий інтерес представляють низькі навколоземні орбіти (500... 1500 км). Декілька супутників систем зв'язку використовують такі орбіти. Затримка сигналу і загасання невеликі, але внаслідок Землі обертання супутників необхідно мати більші орбітальні угруповання для глобального покриття, і необхідно організувати передачу обслуговування між супутниками, що переміщуються. Зона обслуговування низькоорбітального супутника значно вужче, ніж у геостаціонарного, що дозволяє ощадливіше використовувати частотний діапазон.

Середні навколоземні орбіти (5000...12 000 км) і сильно еліптичні орбіти мають проміжні характеристики. Якщо низькоорбітальні супутники видні з землі всього лише кілька хвилин, після чого вони ховаються за обрієм, тоді в середньоорбітальних супутників час проходження над певною точкою на земній поверхні вимірюється годинником. При використанні системи з середньоорбітальних супутників перемикання з одного супутника на інший відбуваються значно рідше, ніж у випадку низькоорбітальних супутників. Хоча час поширення сигналу в такій системі вище, і потрібно більш висока потужність передавачів, у випадку низькоорбітальних супутників, ці параметри все-таки кращі, ніж у геостаціонарного супутника.

На цей час порівняно дешевий варіант супутникових каналів представляють системи терміналів з малою апертурою (Very Small

Aperture Terminal, VSAT). Термін «апертура» ставиться до розмірів антени – порядку метра. Згідно з певними правилами станції спільно використовують супутникові засоби зв'язку для передачі даних концентратору. Концентратор обмінюється повідомленнями з користувачами, він же забезпечує передачу повідомлень між користувачами. Спектр устаткування VSAT досить широкий, безліч мереж пропонують свої послуги.

Оптимальний діапазон частот супутникової системи зв'язки – від 1 до 10 ГГц. На частотах нижче 1ГГц істотний вплив виявляє шум від природніх джерел, а також перешкоди від промислових радіоелектронних обладнань. При частоті понад 10 ГГц сигнал значно загасає через атмосферне поглинання, однак існує кілька смуг прозорості і на більш високих частотах. Більшість супутників працюють у смугах частот від 5,9...6,5 ГГц, 7,2...7,7 ГГц, 11...17,5 ГГц. Передбачається, що скоро настане насичення цих діапазонів, тому планується використовувати діапазон 19/29 ГГц.

### **3.2.2 Бездротові локальні мережі**

За останні кілька років технології бездротових локальних мереж (WLAN) зуміли зайняти значну нішу. Вони забезпечують мобільність, можливість розгортання тимчасових мереж, можливість створення локальних мереж у місцях, де прокладка кабелю зв'язана з значними труднощами.

До відносно недавнього часу апаратура бездротових локальних мереж застосовувалася обмеження. Причиною тому була висока ціна, низька швидкість передачі, проблеми безпеки і необхідність одержання дозволів на роботу в ефірі. Сьогодні ці проблеми значною мірою вирішені.

Спочатку для розгортання бездротових локальних мереж був обраний діапазон 2,4...2,4835 ГГц, який у більшості країн ставиться до неліцензуємого (ISM – industrial, scientific, medial) за умови обмежень на потужність випромінювання та вид модуляції. Діапазон частот 5,15...5,85 ГГц (точніше, його ділянки) в багатьох країнах також ставиться до неліцензуємого, але в Росії – поки немає. Тому в Росії поки лише внутрішньофісні радіозасоби бездротової передачі даних діапазону 2,4...2,4835 ГГц (і тільки при відповідних обмеженнях на потужність випромінювання та характеристики сигналу) можна використовувати без оформлення дозволу органів радіочастотного контролю. На використання всіх інших радіозасобів бездротової передачі даних необхідно оформляти дозвіл (можливо, за спрощеною процедурою).

В діапазоні частот 2,4 ГГц працюють бездротові радіоінтерфейси Bluetooth. Вони призначені для зв'язку на дуже невеликих відстанях (одиниці – десятки метрів) з не занадто високою швидкістю ( до 1Мб/с), і

можуть у тому числі використовуватися для розгортання епізодичних бездротових локальних мереж. Але основне призначення Bluetooth – обмін даними низькошвидкісних мобільних обладнань (стільникові телефони, бездротові гарнітури, кишенькові комп'ютери та ін.)

Під егідою Європейського інституту телекомунікацій (ETSI) були розроблені технології HIPERLAN для бездротових локальних мереж (діапазон частот 5,1...5,3 ГГц). Вони не одержали серйозного комерційного розвитку, але саме в їхнім руслі ведуться роботи з розвитку WATM (бездротової АТМ).

Сьогодні поняття бездротової локальної мережі звичайно асоціюється з технологіями IEEE 802.11. Починаючи з кінця 90-х років комітетом IEEE 802.11 була розроблена група стандартів для WLAN. Ці стандарти специфікують головним чином фізичний і MAC-Рівень, причому MAC-Рівень є приймачем стандартів 802.3 (що викликала появу узагальнюючого найменування Radioethernet), а фізичний рівень заснований на принципах побудови цифрових радіоканалів.

Оригінальний стандарт 802.11 (1997 р.) визначив три типи середовищ передачі:

- інфрачервоні канали зв'язку з довжиною хвилі від 850 до 950 нм і пропускну здатністю 1Мбіт/с і 2Мбіт/с;
- радіоінтерфейс з розширеним спектром (DSSS) в ISM діапазоні 2,4...2,4835 ГГц. Можуть використовуватися до семи каналів з швидкістю передачі даних 1 Мбіт/с і 2 Мбіт/с;
- радіоінтерфейс з стрибкоподібною перебудовою частоти в ISM з швидкістю передачі даних 1 Мбіт/с і 2 Мбіт/с.

В 1999 р. затверджені специфікації бездротових мереж 802.11a та 802.11b, а в 2003 р. 802.11g. сьогодні групу специфікацій 802.11a/b/g поєднують загальним найменуванням Wi-Fi.

Будь-яке обладнання Wi-Fi має привласнений при виробництві унікальний MAC-Адреса, а IP адреса призначається при налаштуванні мережі.

Мережі Wi-Fi можуть функціонувати у двох базових режимах – мережа з інфраструктурою (infrastructure) і епізодична мережа (Ad-Hock). В режимі інфраструктури обов'язкова наявність хоча б однієї точки доступу. Всі інші вузли мережі – мережні інтерфейси PC – можуть взаємодіяти лише з точками доступу, а через них – з кабельною мережею та один з одним. В режимі Ad-Hock немає точок доступу, усі вузли мережі рівноправні, і можуть взаємодіяти безпосередньо один з одним. Але взаємодіяти з кабельною мережею вони можуть лише через ті вузли, які мають додаткові інтерфейси кабельної мережі. Мережі Ad-Hock можуть створюватися як тимчасові.

Сьогодні бездротові мережі стандартів 802.11 забезпечують достатню швидкість для більшості завдань кінцевого користувача. Однак

потреба в більшій пропускній здатності змушує шукати нові принципи побудови радіоінтерфейсів. Надзвичайно активно опрацьовується техніка *зверширокополосних* (UWB – ultra wide band) систем. В них використовуються зверхкороткі імпульси з смугою в гігагерц. Передбачається досягнення пропускної здатності в сотні мегабіт/с на малих відстанях. Однак технологія UWB-зв'язку перебуває на початку свого розвитку.

Інша проблема – мережі 802.11 працюють на порівняно малих відстанях. На відкритому просторі це можуть бути сотні метрів, але в умовах будинків і споруд мова йде в найкращому разі про 10...30 метрів, і ефективність сильно залежить від характеристик перегородок і перекриттів.

Робоча група IEEE 802.16 розробила специфікації Wirelessman Standart for Broadband Wireless Metropolitan Area Networks. Ці специфікації одержали найменування WiMAX. Вони розраховані на побудову мереж масштабу району і розв'язок завдань «останньої милі» - роботу на відстанях в одиниці та навіть десятки кілометрів з швидкістю до 134 Мб/с. У первісному варіанті стандарт 802.16 передбачав використання частот 10...66 ГГц. Це досить дорогі технології, вони близькі до існуючих радіорелейних ліній, але орієнтовані на використання сучасних спектральноефективних методів модуляції. Більш масове застосування знайде варіант 802.16а, у якому передбачається використання частот 2...10 ГГц, як ліцензуємих, так і неліцензуємих. За рахунок застосування OFDM стандарт 802.16а допускає роботу в умовах складної електромагнітної обстановки (індустріальні перешкоди, багатопроменеве поширення) сучасного міста. Варіант 802.16е розрахований на роботу в ліцензуємих і неліцензуємих діапазонах частот 2...6 ГГц, і передбачає підтримку мобільності абонента, але з обмеженою швидкістю – 15 Мб/с в смузі 5 мГц.

### **3.2.3 Мобільний доступ до інформаційних мереж**

За якісь 25 років пройшовши шлях від перших комерційних розробок до засобу, що глобально поширився, персонального комунікаційного сервісу, стільниковий зв'язок ввібрав у себе найкращі досягнення в області радіотехніки, телекомунікацій, інформаційних технологій. Головна революційна ідея стільникових систем – принцип повторного використання частот, коли частотний ресурс може багаторазово використовуватися на несусідніх територіях (стільнику) без взаємних перешкод. Лише можна забезпечити спільну роботу в ефірі величезної кількості абонентів.

Стільникові мережі першого покоління були аналоговими, і для передачі даних не підходили. У стільникових мережах другого покоління

(типовий приклад – система GSM) радіоінтерфейс став «цифровим», і мовний сигнал передається в цифровій формі, тому передача даних є природньою функцією другого покоління. Однак швидкість передачі даних в одному фізичному каналі залишалася порівняно низкою ( близько 10кбіт/с) – в основному через обмеженість частотно-тимчасового ресурсу, виділеного одному абонентові.

Ідея використання широкосмугових сигналів (ШПС, в англomовній літературі використовується термін *spread spectrum*, що буквально переводиться на російську мову як «розтягнутий» або «розмитий» спектр) у техніку зв'язку відома давно, але довгий час такі сигнали застосовувалися лише в системах спеціального призначення. Почесна роль ініціатора виходу цієї технології на масовий ринок належить компанії QUALCOMM, в 1989 р., що запропонувала комерційний варіант стільникової системи зв'язку з кодовим поділом каналів (CDMA – Code Division Multiple Access) і до 1993 р. стандартизації, що добився, цієї системи TIA (стандарт IS-95) і прийняття її ІТУ. При цьому всі канали можуть розміщатися в одній і тій же, порівняно широкій, смузі частот. Передана інформація якби «розмивається» за частотним діапазоном, суттєво більш широкому, чому при традиційних способах модуляції сигналу. Перші реалізації систем з кодовим поділом ставляться до другого покоління стільникових мереж, і мають настільки ж обмежені можливості для передачі даних. Однак саме технологія CDMA сьогодні розглядається як найкраща база для створення високошвидкісних систем мобільного зв'язку третього та четвертого поколінь.

Системи третього покоління (3G) – міжнародні стандарти глобальної системи мобільному зв'язку IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) повинні забезпечити ті види сервісу з такою якістю, щоб абонент практично не почував обмежень через застосування радіоканалу. Зокрема, планується швидкість передачі даних для мобільного абонента 144 кбіт/с, для абонента-пішохода – 384 кбіт/с, для нерухливого абонента – 2 Мбіт/с. Метою систем бездротовому зв'язку третього покоління є надання швидкості передачі даних, досить високої комфортної роботи в Internet, підтримки мультимедіа, передачі даних і відео на додаток до звичайного телефонного зв'язку. Незважаючи на вирішеність багатьох технічних питань, серйозного комерційного успіху мережі 3G поки не мають.

До систем третього покоління можна віднести вже працюючі в Росії під маркою Sky-Link мережі CDMA-450 (варіант технології CDMA-2000, пропонованої для побудови систем 3G фірмами США). У нас вони прийшли на зміну застарілим аналоговим мережам NMT-450, і вже забезпечують порівняно високі для мобільних мереж (понад 100 кб/с) швидкості передачі даних. Однак, будучи несумісними з Європейськими



технологіями, мережі CDMA-450 навряд зможуть претендувати на роль федеральних.

Особливої уваги заслуговує новий підхід, що полягає в комплексуванні технологій мобільних стільникових мереж і бездротових ЛВС. Цей підхід одержав найменування UMA (Unlicensed Mobile Access) і вже підтриманий більшою кількістю фірм – виробників телекомунікаційного встаткування. Передбачається, що в зонах, забезпечених покриттям мереж типу 802.11 або 802.16, мобільний термінал буде перемикатися на режим більш дешевого та високошвидкісного доступу, обмінюючись з стільниковою мережею необхідною службовою інформацією (аутентифікація, права доступу, тарифікація), а поза такими зонами абонентів будуть доступні типові сервіси стільникової мережі.

Але сьогодні масовий мобільний доступ до інформаційних мереж надають стільникові технології GSM, у рамках фази 2+ можуть бути запропоновані наступні варіанти – HSCSD(), GPRS(), EDGE().

Технологія HSCSD заснована на об'єднанні для одного абонента цифрових потоків у декілька (до 8) тимчасових слотів TDMA, що дозволяє забезпечити швидкість передачі даних до  $8 \cdot 14,4 \text{ кб/с} = 115,2 \text{ кб/с}$ . Впровадження HSCSD вимагає лише зміни програмного забезпечення мережі GSM і тому порівняно дешево, але вона залишається технологією комутації каналів, і тому не занадто ефективна для забезпечення типового для мережі сервісів нестационарного трафіка, і тарифікується звичайно почасово.

Технологія GPRS сьогодні використовується особливо широко, багато моделей мобільних телефонів GSM підтримують її. В GPRS також передбачене об'єднання до 8 тимчасових слотів TDMA, але виділення ресурсу проводиться динамічно та введені більш економічні схеми кодування. Швидкість теоретично може досягати  $8 \cdot 21,4 \text{ кб/с} = 171,2 \text{ кб/с}$  (звичайно, зрозуміло, менше). GPRS є технологією з пакетною комутацією, вона добре пристосована для забезпечення доступу в інформаційні мережі. Помітний недолік – порівняно більша затримка пакетів (одиниці секунд). Тарифікація може здійснюватися залежно від обсягу трафіка. Для реалізації GPRS потрібне розширення архітектури GSM мережі (включаючи встаткування, структуру протоколів і програмне забезпечення).

Технологія EDGE поки використовується мало. Вона передбачає не лише об'єднання декількох тимчасових слотів TDMA, але і зміну формату модуляції радіосигналу. Теоретично швидкість може досягати  $8 \cdot 69,2 \text{ кб/с} = 553,6 \text{ кб/с}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Муртазов А.К. Экологический мониторинг. Методы и средства. Учебное пособие. Часть I. – Рязань, рязанский государственный университет имени Есенина, 2012. – 78 с.
2. Рудельсон Л.Е. Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением. Часть II. Функциональное программное обеспечение. Книга 7. Обработка метеорологической информации. – Москва, МГТУ ГА, 2009. – 96 с.
3. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология. Учебник. – Кировоград, 2009. – 280 с.
4. Вельміскін Д.І. Автоматичні системи метеорологічних вимірювань. Конспект лекцій. – Одеса, ГЕС, 2010. – 82 с.
5. Григорьев В.А. Автоматизированная обработка гидрометеорологической информации. Л., Гидрометеиздат, 1979. – 472 с
6. Лимонов А.С. Цифровая обработка сигналов. Конспект лекций. – Одесса ОДЭКУ, 2011. – 119 с.
7. Кондратьев а.В. Методы обработки цифровой многоспектральной спутниковой информации. – С.П., 1997. – 105 с.
8. Калинин Н.А.Толмачева Н.И. Космические методы исследований в метеорологии . Пермский Г.У. Учебник – Пермь, 2005. – 360 с.
9. Комплекс измерительный метеорологический АМС-МЕТЕО. Техническое описание. ГНПП. "Спецавтоматика" – Киев, 2012 – 60 с.
10. Станция АМАС "АВИА-1". Техническое описание. ГНПП. "Спецавтоматика" – Киев, 2012 – 64 с.
11. Тарасов В.В. Мониторинг атмосферного воздуха. М. "Форум".ИНФРА-М – 2008 – 384 с.

*Навчальне видання*

О.С. Лімонов, Т.М. Пустовіт, К.О. Дяченко

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ**

Конспект лекцій

Підп. до друку

Формат

Папір

Ум. друк. арк.

Тираж

Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макету

---

Одеський державний екологічний університет

65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---