

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Обґрунтування методу використання системи
антиоблядення антени»

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи РРм-61
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Сокола Д.Я.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Химич Г.П.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Хвостівська Л. В.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В. Л.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дозорський В.Г.
(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Радіотехнічних систем

Освітній ступінь Магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 201__ р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Сокола Дмитро Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Обґрунтування методу використання системи
антиобледеніння антени»

Керівник проекту (роботи) старший викладач кафедри РТ Химич Г.П.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «24» листопада 2020 року №4/7-872

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 19.12.2020

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робота у кліматичних умовах (-60°C - +70°C), виконання
вимог технології передачі даних 46-56, вимоги до наданих супутникових систем зв'язку та
передачі даних

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Аналітична частина.

Впливи обледеніння на конструкції антен

Теоретичне моделювання обледеніння

Розділ 2. Основна частина

Пристрій проти обледеніння і термостабілізації антенних конструкцій

Системи антиобледеніння, аналіз роботи антенної системи у Ku

Охорона праці. Забезпечення безпеки життєдіяльності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Слайд 1-2 Актуальність теми

Слайд 3-4 Аналіз системи антиобледеніння

Слайд 5-7 Аналіз методу антиобледеніння

Слайд 8-13 Результати досліджень системи антиобледеніння

Слайд 14 Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	к.т.н.доц. Зелінський І.М. ст.викладач, Клепчик В.М		16.12 16.12

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	<i>Отримання завдання</i>	7.10.2020	
	<i>Основні розділи</i>	3.12.2020	
	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	04.12.2020	
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	13.12.2020	
	<i>Попередній захист</i>	15.12.2020	
	<i>Захист</i>	22.12.2020	

Студент _____
(підпис)

Сокола Д.Я. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Химич Г.П. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Обґрунтування методу використання системи антиобледеніння антени» // Кваліфікаційна робота Сокола Дмитро Ярославович// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РРм-61 // Тернопіль, 2020 //

Ключові слова: АНТИОБЛЕДЕНІННЯ, НАДВИСОКІ ЧАСТОТИ, КОЕФІЦІЄНТ СТОЯЧОЇ ХВИЛІ , ЧАСТОТНИЙ ДІАПАЗОН, ОБМЕРЗАННЯ, КОНСТРУКЦІЇ АНТЕН.

Кваліфікаційну роботу присвячено обґрунтуванню методу дослідження систем антиобледіння антен. Використання та надійне функціонування наземної інфраструктури систем прийому-передачі даних, які будуть розміщатись по всій земній кулі, в різних кліматичних зонах, повинно ґрунтуватись на таких принципах, як: надійність, інноваційність, термостабілізація систем, завадозахищеність, електромагнітна сумісність, технологічність, стабільність параметрів. На теперішній час багато супутникових комплексів наземного базування надійно функціонують, які обслуговують кілька тисяч ШСЗ на різних навколоземних орбітах, але впровадження нових високошвидкісних технологій передачі даних 4G, 5G і в подальшому 6G накладає на виробників та експлуатаційних операторів додаткові вимоги, особливо кліматичного та механічного (вітрові навантаження) аспектів.

ANNOTATION

Sokola D.Ya. Substantiation of the method of using the antenna anti-icing system.-Manuscript. Qualification work of the master, Ternopil National Technical University, Ivan Pulyuy University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, PPM-61 group, Ternopil, 2020.

Key words: ANTI - ICING, ULTRAHIGH FREQUENCIES, STANDING WAVE COEFFICIENT, FREQUENCY RANGE, ICING, ANTENNA DESIGNS.

Qualification work is devoted to the substantiation of the method of research of antenna anti-icing systems. The use and reliable operation of terrestrial infrastructure of data reception and transmission systems, which will be located around the globe, in different climatic zones, should be based on such principles as: reliability, innovation, thermal stabilization of systems, noise protection, electromagnetic compatibility, manufacturability, stability. At present, many satellite-based ground-based systems operate reliably, serving several thousand satellites in various Earth orbits, but the introduction of new high-speed data transmission technologies 4G, 5G and later 6G imposes additional requirements on manufacturers and operators, especially climatic and mechanical (wind load) aspects.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ЕМХ – електро-магнітна хвиля;
- ФО – фазообертач;
- АХП – антенно-хвилеводний пристрій;
- АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
- ДФС – диференціально фазовий зсув;
- Ke – коефіцієнт еліптичності;
- ККД – коефіцієнт корисної дії;
- КСХ – коефіцієнт стоячої хвилі;
- НВЧ – надвисокі частоти;
- РЛС – радіолокаційна система;
- ФЧХ – фазово - частотна характеристика;
- ЧД – частотний діапазон.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Впливи обледеніння на конструкції антен.....	
1.2 Види обмерзання антен	
1.3 Топографічні впливи на конструкції антен.....	
1.4 Теоретичне моделювання обледеніння	
1.5 Інтенсивність осадження.....	
1.6 Висновок до розділу 1.....	
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	
2.1 Системи антиобледеніння серій IF-P.....	
2.2 Системи антиобледеніння серій IF-K.....	
2.3 Системи антиобледеніння серій IF-C.....	
2.4 Система антиобледеніння антенного поста 2,4 м.....	
2.5 Пристрій протиобмерзання і термостабілізації антенних конструкторій.....	
2.6 Висновки до розділу 2.....	
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Система антиобледеніння антен Environmenta Technology.....	
3.2 Максимізація тривалості роботи супутникової мережі AdWavez Marketing.....	
3.3 Усунення погіршення сигналу діапазону Ка.....	
3.4 Висновки до розділу 3.....	
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
4.1 Забезпечення безпеки життєдіяльності підприємств радіотехнічної галузі у воєнний час.....	
4.2 Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів.....	
4.3 Висновок до розділу 4.....	

ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

Кліматичні зміни призводять до перегляду концепцій і підходів до створення різних термостабілізованих систем телекомунікаційних мереж зв'язку та передачі даних. Враховуючи те, що ці системи є функціонально закінченими об'єктами для забезпечення належного функціонування телекомунікаційних мереж (наземні, супутникові, підводні) в різних кліматичних умовах .

Супутниковий зв'язок та передача даних є один із альтернативних оновлених мереж для забезпечення інформаційного зв'язку між об'єктами Земля-Космос-Земля і беруть свій початок з кінця 50-их років ХХ століття. Світові компанії (OneWeb (Велика Британія), SpaceX (США), Google (США), Samsung (Південна Корея), Facebook (США), Fidelity, Boeing, Apple та ін.) заявили і працюють на впровадження у (2019 – 2025) роках глобального супутникового Інтернету на основі низьколітаючих ШСЗ. Компанія SpaceX вже частково виконала програму у проекті Starlink першої черги завдання з запуску понад 930 штучних супутників Землі (ШСЗ), де наземний та космічний сегменти переходять на новий рівень прийому-передачі даних, контролю, телеметрії як ШСЗ так і наземних комплексів, безвідмовного функціонування апаратури на основі систем термостабілізації.

Актуальність теми полягає у забезпеченні цілодобового функціонування систем як наземного так і супутникового сегментів при різних кліматичних дестабілізуючих умовах. Один із варіантів такого підходу – це створення системи антиобледеніння (термостабілізації) антенних систем наземного базування.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є дослідження, аналізу та створення нового методу термостабілізації антенної системи при широких кліматичних межах (-60°C + 70°C).

Задачі досліджень:

1. аналіз радіотехнічних характеристик спроектованих прототипів;

2. дослідження рівнів прийнятих сигналів(електромагнітних хвиль) при дестабілізуючих умовах(сніг, обледеніння робочої поверхні рефлектора);
3. дослідження динамічних втрат при фазовій дестабілізації сигналів;
4. аналіз та порівняння технічних характеристик запропонованого методу з існуючими прототипами.

Об'єктом дослідження є дослідження методу інтегрованої термостабілізації антенної системи на основі аналізу уже існуючих прототипів (наукові статті, конференції, патенти, результати досліджень) та проведення власних досліджень запропонованого методу.

Предметом дослідження є інформаційний аналіз та дослідження фазових характеристик прийнятих сигналів з врахуванням кліматичних умов.

Методи дослідження. Проводились аналіз та дослідження впливу на якість сигналу та його технічні характеристики(фазова нестабільність, динамічні втрати) снігового налипання та обледеніння робочої поверхні антенної системи.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні результати, що становлять наукову новизну та отримані у ході вирішення завдань, поставлених у дослідженні, полягають в наступному:

- відбувається циклічний обдув повітрям (тепле, холодне) окремих вузлів в залежності від температурного середовища, в якому на даний момент часу знаходиться антенна система.

- механічний захист рефлектору відбувається на основі стандартних підходів;

- обґрунтованні та систематизовані результати дослідження впливу погодних умов на фазові характеристики сигналів.

Практичне значення одержаних результатів. Розглянуті різні конструкції антенних систем з точки зору створення анти обледеніння та термостабілізації з метою мінімізації фазових спотворень та динамічних втрат на якість прийнятих сигналів від ШЗС. Даний метод створений у відповідності до рекомендацій Регламенту радіозв'язку .

Апробація результатів роботи. Апробація та оприлюднення результатів досліджень відбулось на IX Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ”Актуальні задачі СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ” 25-26 листопада 2020, збірник тез доповідей.

Публікації. У тезах IX Міжнародної науково-технічної конференції опубліковані тези доповідей.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 81 арк. формату А4 та додатків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Впливи обледеніння на конструкції антен

Загальними наслідками обледеніння є збільшення вертикальних навантажень на крижану структуру та підвищений опір вітру в результаті збільшення площі поверхні, схильної до вітру. Останнє може призвести до вищих вітрових навантажень, ніж без обледеніння.

Різні типи конструкцій більш-менш чутливі до дії крижаного навантаження, нижче наведено кілька прикладів:

- натягнуті сталеві троси, мотузки, підкоси тощо, як правило, дуже чутливі до льоду; відповідно, це може призвести до значного збільшення сил натягу в цих елементах.

- Тонкі гратчасті конструкції, зокрема щогли з розтяжками, чутливі до підвищених сил осьового стиснення під впливом крижаних відкладень на конструкцію.

- Антени та антенні конструкції легко перевантажуються осадженням льоду, якщо це не було передбачено в розрахунках. Зокрема, малі кріплення не витримують підвищеного навантаження від додаючи інші дії, тому що лід здатний подвоїти норму навантаження.

- "Провисання льоду" на неструктурні елементи можуть бути руйнівними.

Неконструктивні елементи, такі як антени та кабелі, можуть піддаватися несподіваним навантаженням зледенінням, оскільки лід зависає на цих елементах або чинить на них певний тиск. Цей ефект льоду може бути набагато вищим, ніж нормальне навантаження льодом.

- Навантаження від крижаних відкладень може легко призвести до деформації або пошкодження елементи оболонки (облицювання тощо). Якщо лід не впустити до того, як він стане занадто важким, він може пошкодити конструкції.

Такі конструкції, як щогли та вежі, разом із натягнутими сталевими канатами, тросами, брекети тощо, чутливі до підвищеного аеродинамічного опору, спричиненого обледенінням.

Вплив вітру на крижані споруди можна розрахувати за тими ж принципами, що і вплив на споруди, вільні від льоду. Однак розмір елементів конструкції та їх коефіцієнти опору можуть змінити. Тому основною метою цього стандарту є встановлення відповідних значень:

- розмір і вага крижаних відкладень,
- форми осадження льоду
- коефіцієнти опору осідання льоду.

Динамічні дії.

Важливим фактором, що впливає на динамічну поведінку структури, є її власні частоти. Зазвичай природні частоти конструкції є значними знижуються в умовах сильного обледеніння. Це важливо при проведенні досліджень динамічні характеристики, оскільки низькі частоти зазвичай є критичними.

Крім того, дослідження динамічних параметрів можуть знадобитися у разі зміни форми перерізу внаслідок ожеледиці. Наприклад, ексцентрична форма перерізу льоду на тросі або кронштейні може спричинити аеродинамічну нестабільність, що призведе до сильних коливань (наприклад, галопом). Крім того, повністю замерзлі ділянки щогл або веж можуть спричинити вихори, що призведе до коливань, поперечних напрямку напрямку вітру. Розсіювання льоду з конструкції може спричинити серйозні динамічні ефекти та напруження в структурі залежно від типу структури, кількості та властивостей льоду. Такі динамічні ефекти слід досліджувати, якщо дизайн чутливий до них. Також слід враховувати значні динамічні вібрації (див. Розділ 10) через падіння льоду із сильно крижаних розтяжок щогли.

Якщо конструкція замерзла льодом, рано чи пізно лід почне падати з неї, повністю або (як це часто трапляється) частинами.

Досвід показує, що падіння льоду зазвичай починається із підвищенням температури. Як правило, крижані відкладення не тануть від конструкції, а

відколюються та відвалюються уламками під впливом невеликих рухів, вібрацій тощо.

Уникнути падіння льоду це практично неможливо, тому це явище необхідно враховувати на етапі проектування та вибору ділянки для будівництва.

Лід, що падає з великої висоти, може пошкодити структурні та неструктурні (антени тощо) елементи конструкції. Оцінюючи ризик пошкодження, особливу увагу слід звернути на коефіцієнт висоти падаючого льоду, оскільки чим більша висота, тим більші динамічні сили від падаючого льоду. Щоб захистити конструкції від пошкодження або мінімізувати такі пошкодження застосовується огорожа.

1.2. Види обмерзання антен

Атмосферне обледеніння традиційно класифікується за двома різними процесами утворення льоду:

- обледеніння внаслідок опадів;
- внутрішньообледеніння.

Класифікація може базуватися на інших параметрах, див. Таблиці 1.1 та 1.2.

Фізичні властивості та зовнішній вигляд льоду різняться залежно від метеорологічних умов під час утворення льоду.

На додаток до характеристик, перелічених у таблиці 1, для опису властивостей крижаних відкладень можуть використовуватися інші параметри, такі як міцність на стиск (текучість і крихкість), міцність на зсув тощо.

Максимальна маса льодових відкладень залежить від кількох факторів, найважливішими з яких є вологість, температура та тривалість осадження льоду.

Основними передумовами значного осадження льоду є величина напрямку вітру, що сприяє ожеледиці.

Типові характеристики обледеніння внаслідок атмосферного впливу

Тип обледеніння Type of ice	Густина , кг/м ³ Density kg/m ³	Адгезія і когезія Adhesion and cohesion	Загальний зовнішній вигляд General appearance	
			Колір Colour	Форма Shape
Ожеледь Glaze	900	сильна strong	прозорий transparent	рівномірно розподілена/ бурульки evenly distributed/icicles
Мокрий сніг Wet snow	від 300 до 600 300 to 600	слабка (утворення) weak (forming) сильна (замерзання) strong (frozen)	білий white	рівномірно розподілена/ ексцентрична evenly distributed/eccentric
Зерниста паморозь Hard rime	від 600 до 900 600 to 900	сильна strong	непрозорий (темний) opaque	ексцентрична, з навітряного боку eccentric, pointing windward
Кристалічна паморозь Soft rime	від 200 до 600 200 to 600	від слабкої до середньої low to medium	білий white	ексцентрична, з навітряного боку eccentric, pointing windward

Таблиця 1.2

Метеорологічні параметри, що контролюють ожеледі відкладення

Тип обледеніння Type of ice	Температура повітря, Air temperature °C	Швидкість вітру, м/с Wind speed, m/s	Розмір краплі Droplet size	Вміст води в повітрі Water content in air	Звичайна тривалість опадів Typical storm duration
Обледеніння внаслідок атмосферних опадів Precipitation icing					
Ожеледь (льодяний дощ або мряка) Glaze (freezing rain or drizzle)	$-10 < t_a < 0$	будь-яка any	велика large	середній medium	години hours
Мокрий сніг Wet snow	$0 < f_a < +3$	будь-яка any	пластівці flakes	дуже високий very high	години hours
Внутрішньохмаране обледеніння In-cloud icing					
Ожеледь Glaze	див. рис. 1 see Figure 1	див. рис. 1 see Figure 1	середня medium	високий high	години hours
Зерниста паморозь Hard rime	див. рис. 1 see Figure 1	див. рис. 1 see Figure 1	середня medium	середній medium	дні days
Кристалічна паморозь Soft rime	див. рис. 1 see Figure 1	див. рис. 1 see Figure 1	мала small	низький low	дні days

Температура повітря, °C Air temperature, °C

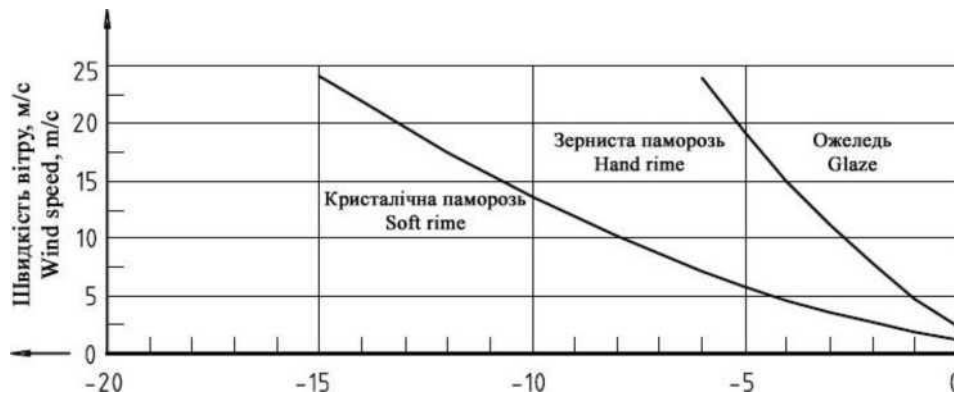


Рис.1.1. Тип обледеніння як функція швидкості вітру і температури повітря

Лід - це тип обледеніння від опадів, що має найвищу щільність. Лід утворюється внаслідок крижаного дощу або туману або внутрішньохмарний ожеледь і зазвичай призводить до рівномірного розподілені відкладення.

Лід також може призвести до утворення бурульок; в цьому випадку форма може бути переважно асиметричною.

Утворення льоду можливе на будь-яких предметах, коли сніг або дощ випадають при температурі нижче замерзання.

Мокрий сніг може прилипати до поверхні предмета через наявність вільної води в частково талому снігові кристали. Тому накопичення мокрого снігу відбувається, коли температура повітря трохи вище замерзаючої.

Якщо після накопичення мокрого снігу температура опуститься, сніг замерзне. Щільність і сила зчеплення можуть змінюватися в залежності від багатьох факторів, включаючи частку талої води та швидкість вітру.

Мороз є найпоширенішим видом внутрішньохмарного обледеніння, часто з утворенням крилоподібних виростів з навітряної сторони на лінійних об'єктах, які не обертаються, тобто на об'єктах, які не обертаються навколо поздовжньої осі внаслідок ексцентричного льодового навантаження.

Під час сильного обледеніння дрібних лінійних об'єктів поперечний переріз зростання морозу має майже трикутну форму, верхній кут якої спрямований у

навітряну сторону, але зі збільшенням ширини (діаметра) об'єкту морозові відкладення починають змінювати свою форму.

Рівномірно розподілений шар льоду також може утворитися під час внутрішньохмарного обледеніння, коли об'єкт являє собою (майже) горизонтальну «струну» (має прямолінійну форму), яка обертається навколо своєї осі. Лід, що накопичився з навітряної сторони "струни", змушує її обертатися, коли досягається достатня маса покриву. Цей процес може тривати до тих пір, поки триватиме осадження льоду. В результаті навколо «струни» утворюється більш-менш циліндричний крижаний покрив.

Інші види обмерзання

Білий іній, продукт прямого переходу водяної пари в лід, зазвичай утворюється при низьких температурах. Білий іній має низьку щільність і міцність і тому не створює значних навантажень на конструкцію.

1.3. Топографічні впливи на конструкції антен

Регіональна та місцева топографія змінює рух вертикальних потоків повітряних мас, впливаючи на інтенсивність хмарних опадів будова і, відповідно, умови обледеніння.

Вплив місцевості на внутрішньохмарне обледеніння та ожеледиця в результаті опадів проявляється по-різному. Як правило, топографія може використано як основу для визначення зон обмерзання.

Найчастіше докладний опис потрібні такі параметри:

- відстань від узбережжя (з навітряної / підвітряної сторони);
- висота над рівнем моря;
- місцева топографія (рівнини, долини);
- гірські схили, спрямовані на морський клімат (навітряні);
- високі ділянки, огорожені вищими горами;
- високі гори, розташовані у районах високого рівня.

Найсильніша ожеледиця часто трапляється в гірських районах, де одночасно можуть спостерігатися внутрішньохмарні ожеледиця та ожеледиця під впливом

опадів. Останній тип обмерзання - це зазвичай відбувається внаслідок налипання мокрого снігу.

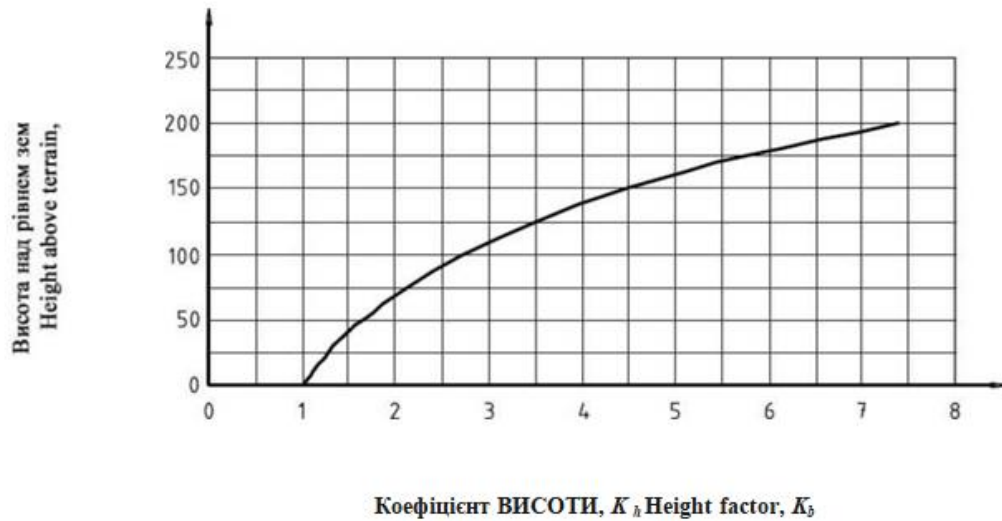


Рис.1.2. Типові зміни мас льоду зі зміною висоти над рівнем землі

Інтенсивність утворення льоду на спорудах може суттєво змінюватися в залежності від висоти споруди над рівнем землі, але проста модель розподілу льодових відкладень по висоті ще не розроблена.

У деяких випадках поблизу земної поверхні обмерзання може бути відсутнім, але при більш високих рівнях льоду навантаження може бути значним і навпаки.

Якщо існує ймовірність сильних опадів льоду, надалі слід проводити метеорологічні дослідження спостереження за цим місцем.

Обмерзання елементів із нахилом у напрямку вітру.

Поздовжня вісь крилоподібного льодового наросту завжди повинна знаходитися в горизонтальному положенні, так що всі розміри наросту будуть вимірюватися в горизонтальній площині. Оскільки нахил у напрямку вітру вимірюється в горизонтальній площині (див. Рисунок 1.3), маса льоду вздовж осі елемента дорівнює $m \sin \alpha$, де m визначається таблицями.

Щоб завжди отримувати значення обледеніння на горизонтальних елементах з поздовжньою віссю у напрямку вітру, кут α не слід вважати меншим за 10° , що відповідає зміні напрямку вітру (у всіх площинах) $\pm 10^\circ$ під час осадження.

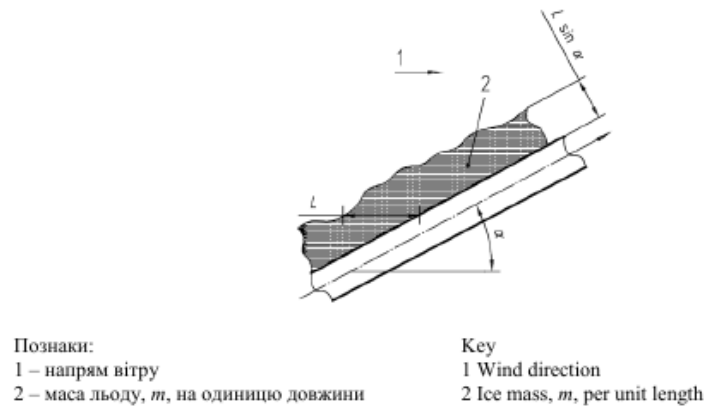


Рис.1.3. Розрахунки для похилих елементів (круглий стрижень показаний у горизонтальній площині)

Коефіцієнти опору залежать від напрямку вітру, перпендикулярного поздовжній осі елемента, і від ширини (крижаного) елемента.

Якщо кут між напрямком вітру і площиною, в якій поздовжня вісь елемента відрізняється від 90° , значення сили вітру $F_w(\theta)$ можна зменшити.

F_w - сила вітру, що діє на елемент перпендикулярно. Якщо елемент розташований під похилим кутом до напрямку вітру, сила вітру на цей елемент змінюється. На рисунку 1.4 показані різні часто використовувані компоненти.

$$F_w(\theta) = F_w(90^\circ) \sin^2 \theta \quad (1.1)$$

де θ - кут падіння, виміряний у площині напрямку вітру та поздовжній осі елемента. $F_w(\theta)$ діє перпендикулярно поздовжній осі об'єкта. Отже, складовою сили вітру, що діє на об'єкт у напрямку вітру, є $F_w(90^\circ) \sin^3 \theta$.

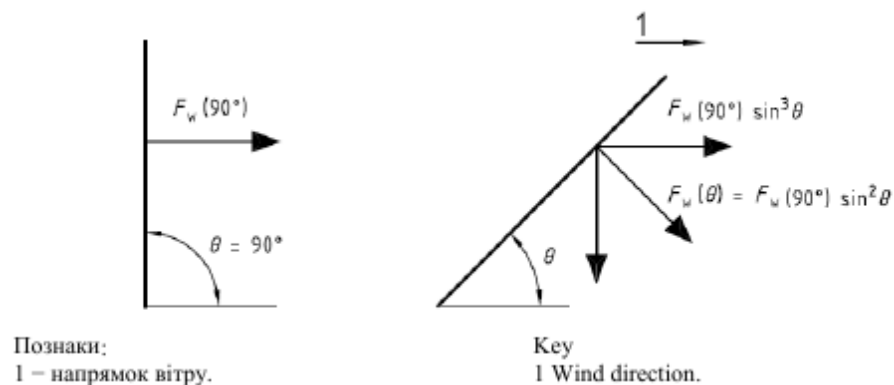


Рис. 1.4. Сили, що діють на похилий елемент

1.4. Теоретичне моделювання обледеніння

Джерело природного льоду, що утворюється на конструкціях, може бути хмарними краплями, краплями дощу, снігом або водяною парою.

У рамках цієї класифікації термін "хмарні краплі" включає краплі в хмарах, зазначаючи, що конденсація водяної пари (іній) зазвичай незначна порівняно з типовим обледенінням, яке виникає в результаті зіткнення крапель рідкої води та частинок снігу.

Таким чином, внаслідок зіткнення частинок у повітрі з предметом утворюються значні крижані навантаження. Ці частинки можуть бути рідкими (зазвичай переохолодженими), твердими або у вигляді суміші води та снігу. У будь-якому випадку інтенсивність обмерзання на одиницю площі об'єкта залежить від щільності потоку цих частинок. Щільність потоку F є результатом накопичення частинок з масовою концентрацією w та швидкістю v частинок відносно об'єкта.

Відповідно, інтенсивність обмерзання виводиться з формули:

$$\frac{dm}{dt} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \cdot w \cdot A \cdot v \quad (1.2)$$

де A - площа поперечного перерізу об'єкта (з урахуванням напрямку вектора швидкості частинки v);

η_1 - ефективність зіткнення;

η_2 - ефективність адгезії;

η_3 - ефективність осадження.

Корекційні коефіцієнти η_1 , η_2 та η_3 представляють різні процеси, які можуть зменшити значення dm / dt в межах свого максимального значення, рівного $w * A * v$. Ці поправочні коефіцієнти можуть варіюватися від 0 до 1.

Коефіцієнт η представляє ефективність зіткнення частинок, тобто відношення щільності потоку частинок, що стикаються з об'єктом, до максимальної щільності потоку. Значення ефективності зіткнення η_1 наведено з одиниці, оскільки дрібні частинки, як правило, йдуть за повітряними потоками і можуть відхилитися від своєї траєкторії по відношенню до об'єкта, як показано на

малюнку 1.5

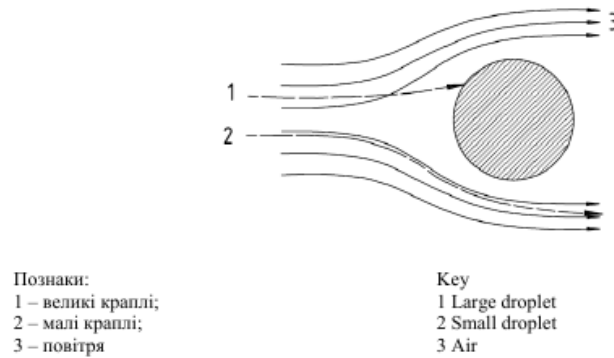


Рис. 1.5. Траєкторії крапель у повітряному потоці навколо циліндричного об'єкта

Коефіцієнт η_2 представляє ефективність концентрації частинок, що контактують з об'єктом, тобто η_2 - відношення щільності потоку частинок, що прилипають до об'єкта, до щільності частинок, що контактують з об'єктом. Значення ефективності адгезії η_2 задано з одиниці, коли частинки відскакують від поверхні. Частинки вважаються прилипаючими, коли вони безперервно накопичуються або перебувають на поверхні досить довго, щоб впливати на інтенсивність обледеніння, наприклад, через теплообмін з поверхнею.

Коефіцієнт η_3 представляє ефективність осадження, тобто η_3 - відношення швидкості обмерзання до щільності потоку частинок, що прилипають до поверхні.

Інтенсивність осадження η_3 наводиться на одиницю, коли тепловий потік з відкладень льоду незначний і не може спричинити замерзання всіх прилиплих частинок та їх поєднання з ростом льоду. У цьому випадку частина масового потоку частинок втрачається з поверхні води. Схематично ця ситуація показана на малюнку 1.7.

У випадку, зображеному на малюнку 1.7 ($\eta_3 < 1$), на поверхні льодовикового шару є шар рідини, а під ним відбувається замерзання. Це явище називається «вологим ростом», а утворений лід - «льодом».

Якщо шар рідини відсутній і немає вимивання частинок з поверхні ($\eta_3 = 1$), цей процес називається «сухим зростанням».

Схематично ця ситуація представлена на малюнку 1.6.

Утворений лід називається «мороз». Слід також зазначити, що іноді в літературі використовують термін "ефективність накопичення" для η_1 і термін "фракція затвердіння" для η_3 .

Незважаючи на використання таких термінів, як "обледеніння" та "інтенсивність обмерзання" дм / дт, осідання льоду може бути сумішшю льоду та рідкої води. Це пояснюється наступним чином: коли на поверхні льодового шару утворюється рідка плівка (рис. 1.7), зростаючий лід спочатку завжди покриває значну кількість рідкої води [18]. Скупчення мокрої снігу також спричиняє відкладення рідкої води. У цьому випадку рідка вода трапляється вкрай рідко, оскільки відкладення зазвичай повністю замерзають відразу після припинення опадів.

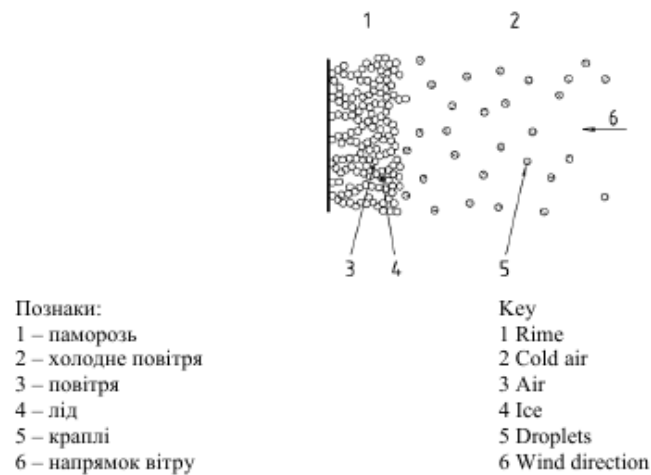


Рис. 1.6. Обледеніння памороззю («сухий приріст»)

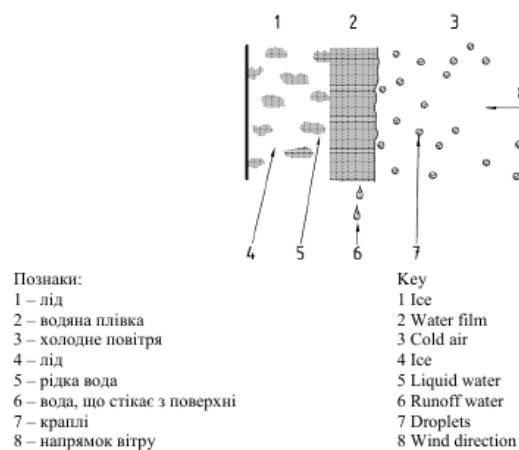


Рис.1.7. Обледеніння ожеледдю («вологий приріст»)

Коли крапля рухається з повітряним потоком у напрямку об'єкта, що знаходиться під обледенінням, її траєкторія визначається опором та інерцією.

Якщо сили інерції невеликі, тоді опір буде домінувати, і краплі просто рухатимуться в потоці повітря (рис. 1.6). Коли повітряні потоки оточують об'єкт, крапельки оточують об'єкт. Отже, фактична інтенсивність зіткнення буде меншою за щільність потоку. Що стосується великих крапель, то для них, навпаки, буде домінувати сила інерції, і краплі, як правило, стикаються з об'єктом, не відхиляючись від нього (рис. 1.6).

Відносна величина інерції та опору, що впливає на краплі, залежить від їх розміру, швидкості потоку повітря та розміру крижаного об'єкта. Якщо ці параметри відомі, ефективність зіткнення η_1 можна теоретично отримати за допомогою чисельного методу розв'язування рівнянь щодо руху крапель у повітряному потоці. Цей підхід був розроблений у 1946 р. [9] і включає чисельне рішення траєкторій повітряного потоку та крапель. Траєкторії повинні бути визначені для кількох розмірів частинок і положень зіткнень, щоб отримати значення ефективності зіткнення η_1 . Такі розрахунки є складними і вимагають багато праці. На щастя, є можливість спростити обчислення η_1 для практичного застосування.

По-перше, якщо передбачається, що об'єкт, що зазнає обмерзання, має циліндричну форму, тоді існує аналітичне рішення щодо повітряного потоку навколо об'єкта, і ефективність зіткнення можна параметризувати за допомогою двох безрозмірних коефіцієнтів:

$$K = \rho_a d^2 / 9\mu D \quad (1.3)$$

та

$$\phi = Re^2 / K \quad (1.4)$$

з кількістю крапель Рейнольдса на основі довільної швидкості потоку v :

$$Re = \rho_a dv / \mu \quad (1.5)$$

де d – діаметр краплі;

D – діаметр циліндра;

ρ_w – густина води;

μ – абсолютна в'язкість повітря;

ρ_a – густина повітря.

Розроблено наступний емпіричний метод підгонки чисельних даних розрахунку [5]:

$$\eta_1 = A - 0,028 - C(B - 0,0454) \quad (1.6)$$

де

$$\begin{aligned} A &= 1,066K^{-0,00616} \exp(-1,103K^{-0,688}) \\ B &= 3,641K^{-0,498} \exp(-1,497K^{-0,694}) \\ C &= 0,00637(\phi - 100)^{0,381} \end{aligned} \quad (1.7)$$

По-друге, показано [1.6], що при розрахунках без необхідності обчислювати η_1 можна використовувати високу точність, один параметр та середній об'ємний розмір крапель (MVD). окремо для кожної категорії розміру краплі.

Ефективність зіткнення η_1 значною мірою залежить від розміру частинок, і для досить великого середнього об'ємного розміру крапель ви можете практично використовувати $\eta_1 = 1$, якщо конструкція не надзвичайно велика. Тому розрахунок η_1 слід проводити лише тоді, коли хмарні краплі спричиняють ожеледицю. Коли випадають опади (дощ, сніг), ефективність зіткнення близька до одиниці.

1.5. Інтенсивність осадження

Під час утворення сухого росту під час обледеніння всі краплі води, що контактують з поверхнею, замерзають та ефективність осадження $\eta_3 = 1$. В умовах формування мокрого росту під час обледеніння швидкість замерзання залежить від швидкості, з якою приховане тепло в процесі заморожування може бути видалено з поверхні замерзання. У цьому випадку частина води, яка не може замерзнути з обмеженим теплообміном, тече під дією сили тяжіння або

опору повітря.

Для вологого зростання льоду тепловий баланс на поверхні зледеніння може бути представлений у вигляді:

$$Q_f + Q_v = Q_c + Q_e + Q_t + Q_s \quad (1.8)$$

Де Q_f – латентна теплота, що вивільняється під час замерзання;

Q_v – аеродинамічне нагрівання повітря;

Q_c – витоки фізичного тепла в повітря;

Q_e – витоки тепла під впливом випаровування;

Q_t – відтік (приплив) тепла при нагріванні (охолодженні) води, що стикається з поверхнею, до температури замерзання;

Q_s – втрати теплоти на випромінювання.

Члени формули теплового балансу можуть бути параметризовані за допомогою метеорологічних та структурних змінних.

Тепло, що виділяється при замерзанні, передається з поверхні, що розділяє кригу, через рідку воду в повітря; відповідно, через плівку рідини утворюється негативний градієнт температури. Цей тип переохолодження сприяє морфології дендритної кристалізації, внаслідок чого певна частина води залишається всередині крижаної матриці. Оскільки незамерзлу воду можна уловлювати без виділення прихованого тепла, член Q_f у формулі дорівнює:

$$Q_f = (1 - \lambda) \eta_3 F L_f \quad (1.9)$$

де λ – рідка фракція відкладення;

F – щільність потоку води до поверхні ($F = \eta_1 \eta_2 w v$).

Як теоретичні [18], так і експериментальні [7] були зроблені спроби визначити фракцію рідини λ . Ці дослідження припускають, що λ залишається, найімовірніше, нейтральним до умов зростання льоду і що $\lambda = 0,26$ є першим прийнятним наближенням.

Кінетичний нагрів повітря Q_w є відносно невеликим значенням, але оскільки його легко параметризувати, використовуючи:

$$Q_w = hrv^2 / (2C_p), \quad (1.10)$$

то вона включається, як правило, до теплового балансу. Кінетичне нагрівання крапель несуттєве і до уваги не приймається. В даному випадку h – це коефіцієнт конвективного теплообміну, r – коефіцієнт відновлення для теплоти внутрішнього тертя ($r=0,79$ для циліндра), v – швидкість вітру, а C_p – питома теплоємність повітря.

Конвективний теплообмін можна представити як:

$$Q_c = h(t_s - t_a) \quad (1.11)$$

де t_s – це температура поверхні обледеніння ($t_s=0$ °C при вологому прирості), а t_a – це температура повітря.

Випарна теплопередача параметризується як:

$$Q_e = h\varepsilon L_v(e_s - e_a)/(C_p p) \quad (1.12)$$

де ε – коефіцієнт молекулярної маси сухого повітря і водяної пари ($\varepsilon=0,622$);

L_v – латентне тепло випаровування;

e_s – тиск насиченої водяної пари на поверхні відкладення;

e_a – тиск навколишньої пари в повітряному потоці;

p – тиск повітря.

В даному випадку e_s – це стала (617 Па), а e_a – це функція температури і відносної вологості навколишнього повітря. Зазвичай вважається, що відносна вологість у хмарі становить 100 %.

Величина Q_l – це результат різниці температур між поверхнею об'єкта, що зазнає обледеніння, і краплями, що стикаються з нею.

$$Q_l = FC_w(t_s - t_d) \quad (1.13)$$

де C_w – питома теплоємність води;

t_d – температура крапель при зіткненні.

Можна припустити, що для хмарних крапель $t_d=t_a$; таке припущення повинно стосуватися також переохолоджених крапель дощу.

Втрати тепла на довгохвильове випромінювання можна параметризувати як:

$$Q_s = \sigma a(t_s - t_a), \quad (1.14)$$

де σ – це стала Стефана-Больцмана ($5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²К⁴)), а α – стала лінеаризації випромінювання ($8,1 \cdot 10^7$ К³). У даній формулі враховується тільки довгохвильове випромінювання і допускається загальна випромінювальна здатність як для поверхні обледеніння, так і для навколишнього середовища.

В результаті параметризації формул (1.8)–(1.14) у формулі теплового балансу і визначення фракції відкладення отримуємо наступну формулу:

$$\eta_3 = \frac{h}{F(1-\lambda)L_f} \left[(t_s - t_a) + \frac{\varepsilon L_v}{C_p \rho} (e_s - e_a) - \frac{rv^2}{2C_p} \right] + \frac{C_w(t_s - t_a)}{(1-\lambda)L_f} + \frac{\sigma a(t_s - t_a)}{F(1-\lambda)L_f} \quad (1.15)$$

Однак поки що нічого не сказано про визначення коефіцієнта конвективного тепловіддачі h у формулі (1.15). Існують стандартні методи оцінки як місцевих, так і загальних значень h на гладких об'єктах різного розміру та форми. Більшість моделей обмерзання припускають, що коефіцієнти тепловіддачі балонів досить добре представляють об'єкти обмерзання. Навіть при такій простій формі проблема дещо ускладнюється шорсткістю льодової поверхні. Вплив шорсткості поверхні теоретично вивчений докладно [17], і ця теорія може бути використана як частина моделі обмерзання.

Отримавши оцінку h , формулу (1.15) можна використовувати для визначення інтенсивності осадження η_3 та виведення формули для інтенсивності обледеніння. Незважаючи на те, що формула (1.14) записана у значеннях щільності водного потоку F , вона також діє локально для поверхні об'єкта, що зазнає обледеніння. У цьому випадку F являє собою прямий масовий потік плюс рециркуляційна вода з інших секторів поверхні. Тоді середня температура чистої подачі буде відрізнятися від температури крапель. Для того, щоб передбачити не тільки загальну масу крижаних відкладень, але також її форму та вертикальний розподіл, ці аспекти визначення місцевого теплового балансу включені в деякі моделі обледеніння

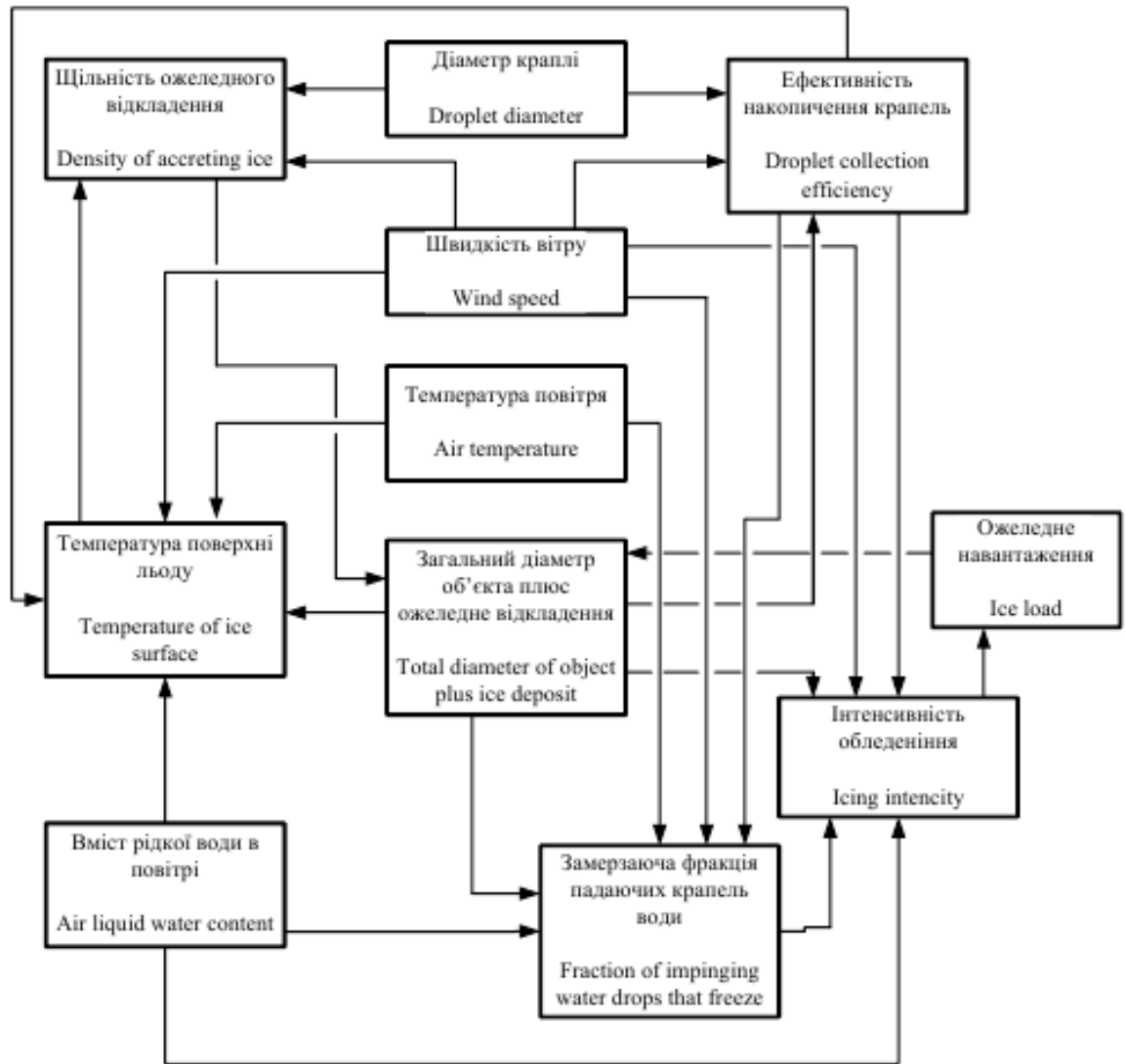


Рис.1.8. Взаємозалежність різних факторів процесу обледеніння, спричиненого краплями води

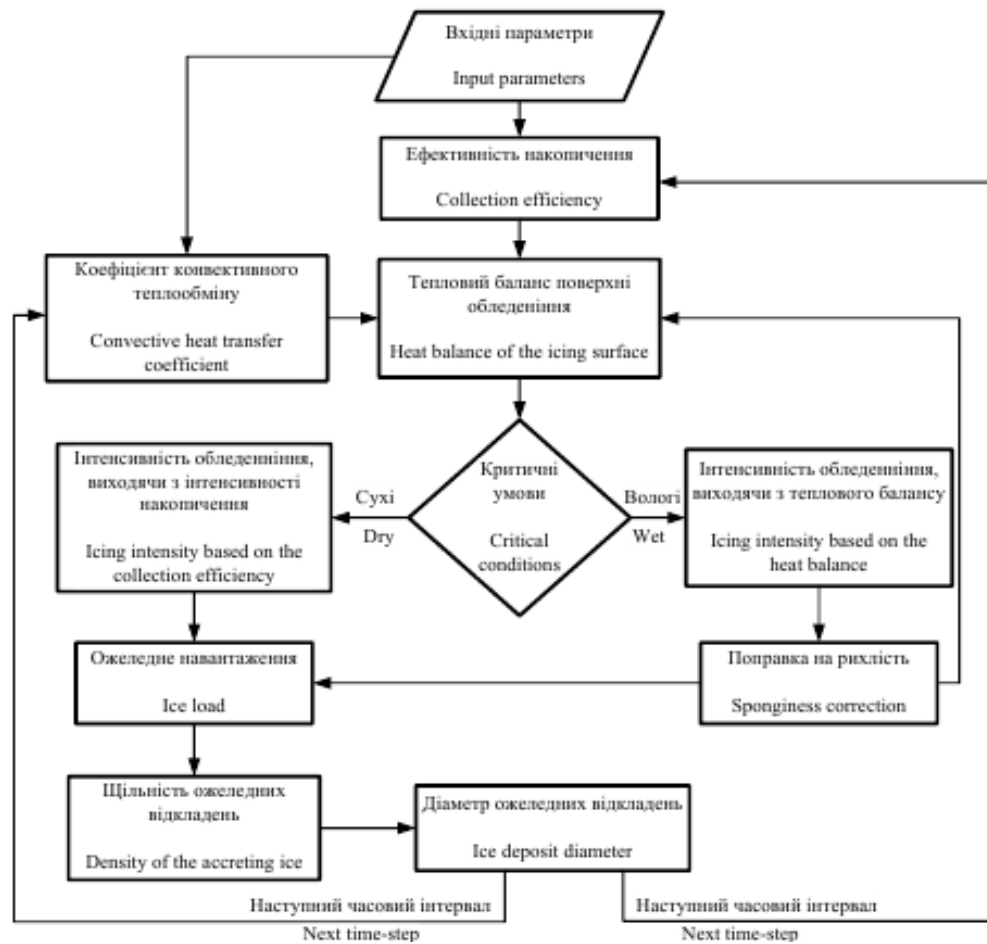


Рис.1.9. Спрощена блок-схема числової моделі обледеніння

1.6. Висновки до розділу 1

В даному розділі розглядаються загальні принципи визначення ожеледного навантаження на конструкції антен. Практичне застосування ґрунтується на певних знаннях параметрів майданчика, на якому знаходиться конструкція.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Системи антиобледеніння серій IF-P

Підігрів дзеркала здійснюється гнучкими нагрівальними елементами, розположенними на тильній стороні дзеркала і закритими теплоізоляційними панелями. Розміри нагрівачів вибираються з умови гарної прілегаємості до дзеркала антени (враховується ступінь кривизни дзеркала) і максимального перекриття площі дзеркала.

Опис конструкції:

1. теплоізолюючі панелі (ТП)

ТП виконані зі спіненого поліетилену товщиною 10 мм, покритого вінілової плівкою на самоклеючій основі. За допомогою куточків і тонкого троса ТП кріпляться і притискаються до дзеркала антени.

Вінілова плівка захищає кожух від сонячної радіації. Робочий діапазон температур панелей: від -40 град С до +100 град С.

2. Гнучкі нагрівальні елементи

Для підігріву дзеркала антени використовуються нагрівальні елементи підвищеної гнучкості. Всі нагрівачі підключаються через розподільний джгут до системи комутації електроживлення в електрошафі. Питома потужність - 400-500 Вт / м².

3. Електрошафа і система управління

Електрошафа поставляється з вмонтованою системою управління.

Система управління комплектується панеллю віддаленого управління (ПДУ), що монтується в стійку 19 ". Підключення ПДУ до блоку управління не є обов'язковою умовою працездатності всієї системи. На вимогу Замовника система поставляється з трифазної або однофазної схемою електроживлення.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд антени серій ІФ-Р

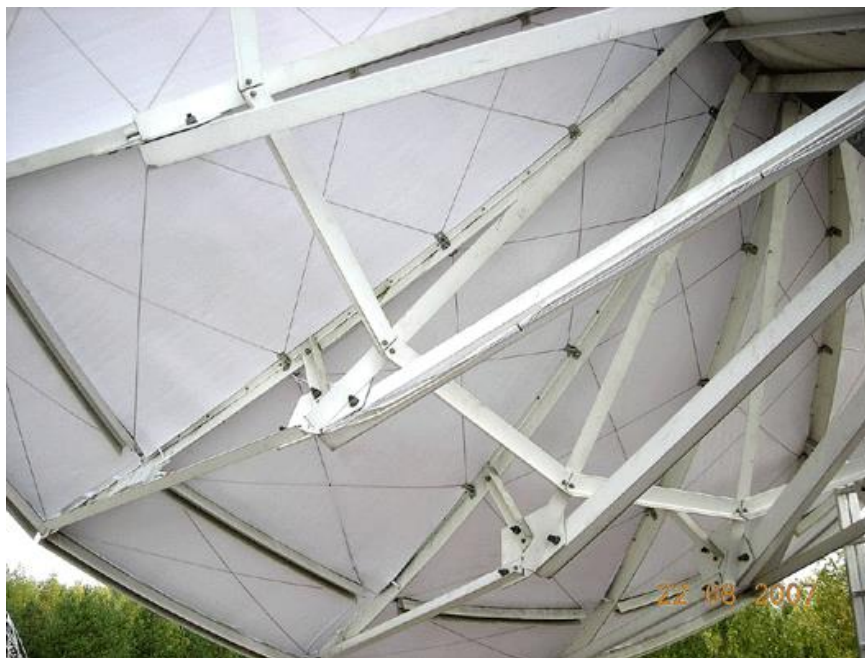


Рис.2.1. Вигляд знизу антени серій ІФ-Р

2.2. Системи антиобледеніння серій IF-K

Принцип роботи заснований на подачі підігрітого повітря в простір між задньою стінкою дзеркала антени і теплоізоляційним кожухом. В результаті даного рішення забезпечується циркуляція повітря всередині теплоізолюючого кожуха за рахунок його прогонки через теплогенератор, викиду нагрітого повітря і зворотного повернення в теплогенератор. В результаті даної циркуляції відбувається передача теплової енергії, що виробляється теплогенератором, до дзеркала антени.

Опис конструкції.

Теплоізолюючий кожух виконаний у вигляді термо-панелей, закріплених на алюмінієвому каркасі. За допомогою алюмінієвих куточків каркас кріпиться до радіальних ребрах антени. Після установки панелей все шви зашиваються декоративними пластинами для збільшення герметичності і доданню кожуха естетичного вигляду. Місця сполучення з поверхнями антени герметизуються силіконом.

Теплоізолюючі панелі складаються з пінополіуретану щільністю 30 кг / м³ з двостороннім покриттям. Внутрішнє покриття - алюмінієва фольга товщиною 0,05 мм. Зовнішнє покриття - алюмінієвий лист товщиною 0,9 мм пофарбований методом порошкового напилення.

Залежно від розміру антени, для нагріву повітря передбачені від одного до п'яти теплогенераторів (ТГ) кожен потужністю до 4 кВт і продуктивністю 750 м³ / год. Кожен з ТГ оснащений аварійним термостатом для запобігання перегріву тенів. Використання роторних вентиляторів гарантує прокачування теплового потоку практично без втрат продуктивності.



Рис.2.3. Зовнішній вигляд антени серій ІФ-К



Рис.2.4. Розміщення антени серій ІФ-К

2.3. Системи антиобледеніння серій IF-C

Система антиобледеніння серії IF-C ** спеціально розроблені для VSAT систем з офсетними антенами 1,2 - 2,4 м. (Channel Master, Prodelin). Простота конструкції, низька вартість, легкість монтажу і експлуатації - ось основні принципи, які були закладені при створенні даних систем.

Можлива поставка кожуха в двох варіантах: на все дзеркало і на? дзеркала. За бажанням Замовник може придбати будь-яку з двох версій. Простота монтажу дозволяє двом монтажникам здійснити монтаж протягом 10 хвилин при складанні дзеркала і 20-25 хв на вже встановлену антену.

На вибір Замовника пропонується два варіанти систем управління:

Варіант 1 - повністю автоматизована система управління, що складається з контролера, датчиків температури і опадів, віддаленої панелі управління.

Варіант 2 - Напівавтоматичний. У даній комплектації оператор приймає рішення на включення і відключення системи підігріву. Після включення система підтримує температуру всередині чохла в рамках заздалегідь заданого температурного режиму.

На відміну від великих систем даний продукт являє собою м'який чохол, виконаний з армованого морозостійкого вінілу, утеплювача, вмонтованих плоских нагрівачів і армованого алюмінію. Чохол одягається на тильну сторону антени і фіксується по периметру.

Як видно зі структури матеріалу нагрівальний елемент вже вмонтований в чохол і додаткових робіт по монтажу не буде потрібно. Додатково до цього, нагрівальний елемент має два термостата для запобігання перегріву самого елемента, так і для підтримки температури (орієнтовно +40 - + 60С) всередині кожуха. Загальна товщина кожуха 13-15мм.

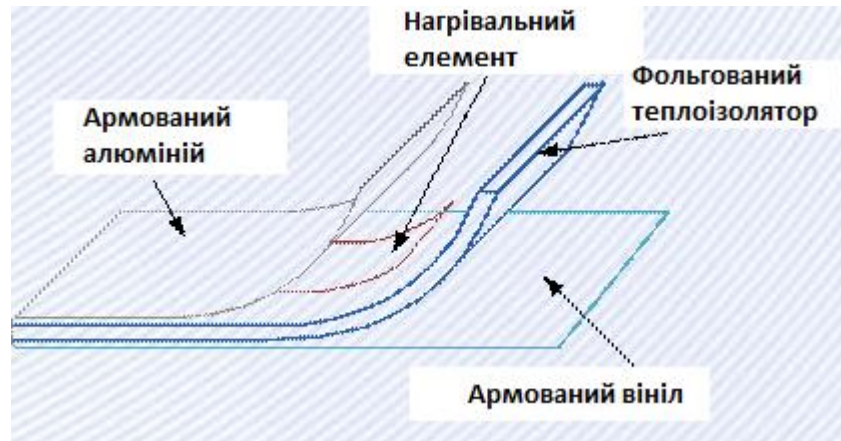


Рис.2.5. Структура матеріалу кожуха антени IF-C



Рис.2.6. Розміщення антени серій IF-C

2.4. Система антиобледеніння антенного поста 2,4 м

Система призначена для обігріву повного рефлектора або його половини і служить для забезпечення безперервної цілодобової експлуатації в осінній, зимовий і весняний періоди (в періоди імовірною можливістю випадання опадів у вигляді снігу).



Рис.2.7. Вигляд системи антиобледеніння антенного поста 2,4 м



Рис.2.8. Підключення системи антиобледеніння



Рис.2.9. Зовнішній вигляд антени

Система антиобледеніння антенного поста з розмірами рефлектора антени 2,4 м призначена для обігріву повного рефлектора або його половини і служить для забезпечення безперервної цілодобової експлуатації ЗССС в осінній, зимовий і весняний періоди (в періоди імовірною можливістю випадання опадів у вигляді снігу).

Система працює в автоматичному режимі під управлінням контролера датчиків дощу і снігу DS-2В. Температурний діапазон спрацьовування автоматики системи сніготанення від + 6,6 до -10 град.С.

Технічні характеристики:

- Робоча температура навколишнього середовища від -40° до + 6,6 °С;
- Категорія обладнання Системи антиобледеніння;
- Гранична температура навколишнього середовища від -50° до +50°С;
- Відносна вологість повітря при температурі +25°С 0 ... 100%;
- Робоча швидкість вітру до 33 м / с;

- Гранична швидкість вітру 45 м / сек;
- Температурний діапазон спрацьовування автоматики системи сніготанення від + 6,6 ° С до -40°С;
- Режими роботи ручний і автоматичний;
- Регулювання максимальної температури включення автоматичного режиму реєстрації опадів 1,1 ° С ... 6,6 ° С;
- -Регулювання часу включеного стану нагрівальних елементів після припинення опадів 30 - 90 хв;
- Довжина мережевого кабелю живлення 50 м;
- Електроживлення 220 В ($\pm 10\%$) / 50 Гц;
- Споживана потужність:
- Споживана потужність при обігріві повного рефлектора 1700 Вт;
- Обігрів половини рефлектора 950 Вт;
- Споживана потужність при вимкнених нагрівальних елементах, не більше 20 Вт.

2.5. Пристрій протиобмерзання і термостабілізації антенних конрукцій

Винахід відноситься до способів і пристроїв протиобмерзних і термостабілізаційних пристроїв. Технічним результатом є підвищення ефективності противообледеніння і термостабілізації антени в роботі запропонованої системи. Суть винаходу: нагріте повітря подають від центральної частини рефлектора вниз до його периферії, по якій потім направляють до верхньої частини рефлектора.

Спосіб противообледеніння наземної супутникової антени, що включає обдування нагрітим повітрям під термочохли тильного боку рефлектора з його каркасом, який відрізняється тим, що нагріте повітря подають від центральної частини рефлектора вниз до його периферії, по якій потім направляють до верхньої частини рефлектора.

Протиобмерзна система наземної супутникової антени з рефлектором, встановленим на каркасі з радіальними елементами жорсткості, що містить

термочехол, встановлений на каркасі з утворенням повітряної порожнини для обдування рефлектора і каркаса, основний тепловентилятор, температурні датчики і комутаторної блок системи управління, що відрізняється тим, що повітряна порожнину обдування рефлектора і каркаса виконана розділеною перегородками на нижню і верхню порожнини, які з'єднані між собою повітряними проходами по периферії рефлектора, а також в його центральній частині, в останньому встановлений основний тепловентилятор з напрямком повітряного потоку в нижню порожнину.

Система, що відрізняється тим, що в якості перегородок використані радіальні елементи жорсткості каркаса рефлектора, які виконані повітронепроникними.

Система, що відрізняється тим, що в повітряний прохід, виконаний в центральній частині рефлектора, встановлені додаткові тепловентилятори паралельно з основним, причому з напрямком повітряних потоків в сектори, утворені радіальними елементами жорсткості каркаса рефлектора.

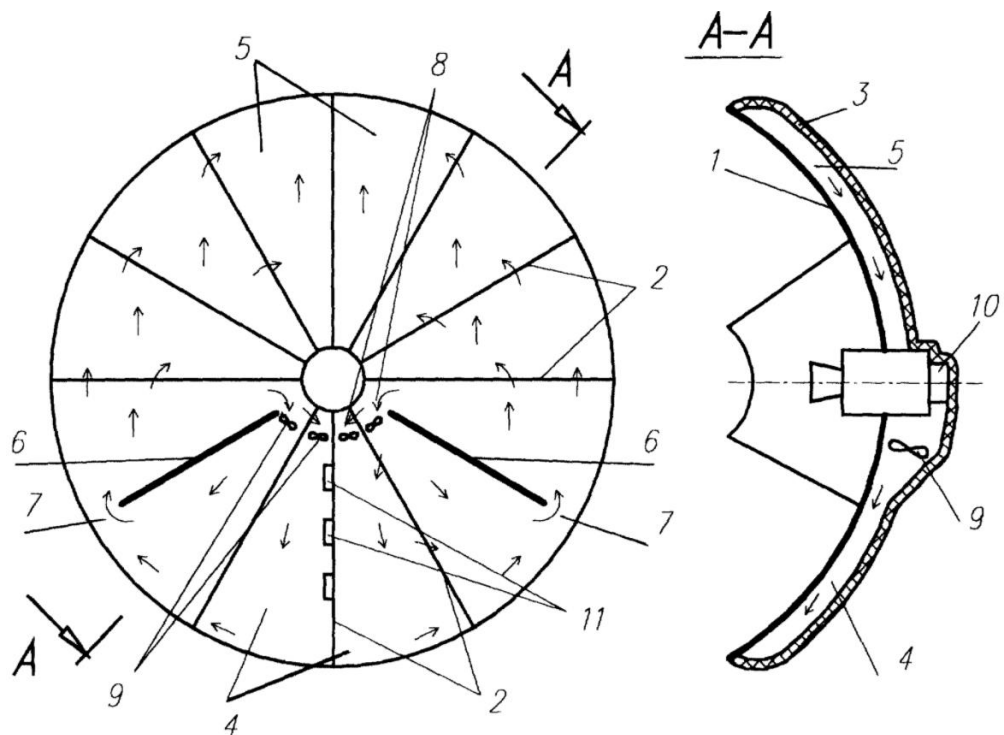


Рис.2.10. Вигляд пристрою антиобледеніння

Згаданий пристрій містить не менше трьох секцій розтягуючої синтетичної тканини. З'єднання секцій виконано по крайках з утворенням прямих ліній і об'ємної порожнинної структури. Тканина натягують.

Пристрій призначений для захисту параболічної антени від впливу несприятливих кліматичних умов (дощу, снігу, заповишених вітрів).

Недолік цього пристрою полягає в обмеженості його функціональних можливостей в частині термостабілізації антени, так як воно не дозволяє ефективно застосувати на ньому активні засоби термостабілізації (вентилятор, електронагрівач) через відсутність в ньому повітряних каналів для циркуляції повітря.

Пристрій складається з пучка проводів, розташованих на екрані, поміщених перед розкритвом антени і з'єднаних комбінованим послідовно-паралельним з'єднанням з відгалужувальними зажимами джерела живлення, таким чином, що через кожен з них проходить струм нагріву. Ця система забезпечує подвійний захисний ефект: від протіводії ЕРС індукції (наприклад, ядерного електромагнітного імпульсу) і від обмерзання антени.

Недолік даного аналога полягає в тому, що електронагрівач не забезпечує термостабілізующій впливу на конструкцію антени в цілому, так як в ньому відсутні відповідні конвективні теплові зв'язку між окремими елементами.

Прототип містить рефлектор (відбивний щит дзеркала), закріплений на фермі (каркасі), теплоізолюючий кожух, який утворює повітряну порожнину, в якій розташований каркас, вентилятор, температурні датчики. Пристрій призначений для термостабілізації рефлектора і каркаса в змінних кліматичних умовах.

Пристрій прототип працює наступним чином. При впливі на антену різних кліматичних факторів, коли збільшується градієнт температури по каркасу в радіальному напрямку, наприклад наближається до крайніх значень діапазону $\pm 0,50\text{C} / \text{м}$, в роботу включається вентилятор, при цьому повітря, що циркулює в замкнутій повітряній порожнині, вирівнює температурне поле каркаса. Недолік роботи даного пристрою в тому, що воно не забезпечує в

достатній мірі рівномірність теплової зв'язку різних ділянок конструкції шляхом обдування їх повітряним потоком. Поблизу вентилятора ділянки конструкції обдуваються повітрям з більшою швидкістю, ніж віддалені від нього, і тому температура перших забезпечується значно ближче до усередненої температури повітря в порівнянні з температурою віддалених ділянок. При цьому коефіцієнти тепловіддачі між потоком повітря і обдуваються ділянками поверхонь істотно відрізняються один від одного (зменшуються у напрямку потоку з одночасним зменшення різниці температур між повітрям і обдуваються ділянками поверхонь). Що призводить до зниження ефективності противообледеніння і термостабілізації в роботі системи.

Мета пропонованого рішення - підвищення ефективності способу та пристрою противообледеніння наземної супутникової антени.

Поставлена мета досягнута за рахунок того, що:

1. Нагріте повітря подають від центральної часті рефлектора вниз до його периферії, по якій потім направляють до верхньої частини рефлектора.

2. Повітряна порожнина обдування рефлектора виконана розділеною перегородками на нижню і верхню порожнини і з'єднані між собою повітряними проходами по периферії рефлектора, а також в його центральній частині, причому в останньому встановлений тепловентилятор з напрямком повітряного потоку в нижню порожнину.

3. В якості перегородок використані радіальні елементи жорсткості каркаса рефлектора, які виконані повітронепроникними.

4. У повітряний прохід, виконаний в центральній частині рефлектора, встановлені додаткові тепловентилятори, паралельно з основним, причому з напрямками своїх потоків в сектори, утворені радіально розташованими елементами жорсткості каркаса рефлектора.

Таким чином, протизаморожувальну дію запропонованого способу і пристрою для його здійснення дозволили сконцентрувати тепловий вплив тепловентиляторів в першу чергу на тій частині рефлектора, на якій осідає мокрий сніг. Така концентрація обумовлена необхідністю додаткової кількості

тепла, яке потрібно на здійснення танення снігу на поверхні рефлектора, щоб відбувалося його скочування з поверхні, інакше кажучи, потрібне додаткове кількість тепла на фазове перетворення снігу в рідину. При цьому повітря з нижньої повітряної порожнини надходить у верхню не тільки під впливом напорів, що створюються роботою вентиляторів, але і в зв'язку з тим, що нагріте повітря піднімається вгору, так як його питома щільність нижче охолодженого поверхнею рефлектора. Це створює додаткову турбулізацію повітряної течії, покращує теплову зв'язок з термостабілізуючою конструкцією антени.

При цьому підвищується ефективність роботи пристрою і в частині протизамерзання впливу і в частині термостабілізації антени в цілому.

Серед інформаційних матеріалів з даного класу техніки, а також серед відомих пристроїв даного типу авторами не виявлені пристрої противообледеніння наземної супутникової антени з подібними істотними ознаками, як у заявленого об'єкта.

Пропоноване технічне рішення показано на кресленні. Протизаморожувач наземної супутникової антени з рефлектором 1, встановленим на каркасі з радіальними елементами 2 містить: термочехол 3, встановлений на каркасі рефлектора 1 і утворює нижню 4 і верхню 5 повітряні порожнини, розділені перегородками 6 з утворенням повітряних проходів 7 по периферії рефлектора 1, і прохід 8 в центральній частині рефлектора, тепловентилятори 9, встановлені паралельно в центральному повітряному проході 8, комутаторної блок 10 для управління тепловентиляторами 9, температурні датчики 11.

Протизаморожувач працює наступним чином. При температурі навколишнього середовища, близької до 0°C , і випаданні вологого снігу відбувається налипання його на нижню частину дзеркала рефлектора. Ввечера, коли настає похолодання, підталий вдень сніг замерзає на антені і утворюється зледеніння антени, яке призводить до погіршення її вихідних частотних характеристик. Крім того, відбувається збільшення цього фактора через вихід

температурних градієнтів рефлектора 1 за межі вимог щодо термостатування (забезпечення градієнта температур, наприклад не більше $\pm 0,50\text{C} / \text{м}$). Цьому сприяє локальна зміна теплової зв'язку рефлектора з навколишнім середовищем (лід погіршує цю теплову зв'язок). Щоб забезпечити необхідну термостабілізацію антени, виключити її обмерзання, в роботу включається протизаморожувач. За сигналами температурних датчиків 11 з урахуванням вологості навколишнього повітря відбувається включення в роботу тепловентиляторів 9 за допомогою комутаційного блоку управління 10. Тепловентилятори 9 забезпечені електрообігрівачами для нагріву проходить через них повітря. Нагріте повітря під напором надходить в нижню порожнину 4, по проходах 7 надходить у верхню порожнину 5, звідки знову надходить на входи тепловентиляторів 9.

Конструкція радіально розташованих елементів жорсткості 2 каркаса рефлектора 1 виконана воздухопропускаєма і забезпечує хорошу турбулізацію повітряного потоку з підвищеним коефіцієнтів теплопередачі між потоком повітря і обдувається рефлектором 1. Від нагрівання рефлектора 1 повітряним потоком сніг на його дзеркалі тоне і скочується з нього. При цьому частина тепла, що переноситься потоком повітря, витрачається на фазовий перехід снігу в воду. Далі повітряний потік під напором надходить у верхню порожнину 5 і здійснює її термостабілізацію

Крім того, що ефективність циркуляції забезпечується примусово, додатково циркуляція повітря здійснюється природним чином в силу того, що нагріте повітря піднімається вгору, а після охолодження від рефлектора 1 опускається вниз на вхід тепловентиляторів 9. У цьому одна з істотних відмінностей запропонованого рішення.

Застосування декількох тепловентиляторів 9, з одного боку, визначено необхідністю забезпечити задану теплову потужність системи противообледенення в залежності від розмірів антени, з іншого боку, - необхідністю більш рівномірно забезпечити обдув рефлектора, для чого тепловентилятори встановлені з напрям потоків в свої сектори, утворені

радіально розташованими елементами жорсткості 2. Ці елементи частково пропускають повітря через себе, термостабілізуючи його і в той же час в значній мірі забезпечують рівномірність розподілу інтенсивності обдування рефлектора 1 по всій його поверхні, що забезпечує зниження температурних градієнтів по конструкції антени.

У запропонованому пристрої два силових елемента використані в якості перегородок, що виключило зайве захарачення повітряного тракту елементами, що збільшують опір руху повітря, що призвело б до зниження ефективності роботи системи.

Запропоноване рішення застосоване на серійному виробництві наземних параболічних антен. При цьому застосовуються серійно випускаються тепловентилятори із забезпеченням теплової потужності близько 3 кВт.

2.6. Висновки до розділу 2

У даному розділі розглянуті варіанти конструкцій систем антиобледеніння. Системи антиобледеніння серій IF-P, системи антиобледеніння серій IF-K, системи антиобледеніння серій IF-C також варіант системи антиобледеніння антенного поста 2,4 м. Також описаний пристрій протиобмерзання і термостабілізації антенних конструкторів.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Система антиобледеніння антен Environmenta Technology

Особливості та переваги:

- Надійний супутниковий зв'язок взимку;
- Автоматична робота;
- Вбудований захист від несправностей;
- Доступні як протиобледеніння, так і анти обледеніння;
- Надійна технологія обігрівача;
- Найменші витрати на придбання та експлуатацію;
- Просте польове або заводське встановлення;
- 15-річний термін експлуатації, що не потребує технічного обслуговування.



Рис.3.1. Зовнішній вигляд конструкції антиобледеніння

Системи обмерзання Clear Signal® забезпечують високу продуктивність та надійність при надзвичайно низьких закупівлях та та хороші експлуатаційні витрати. Усі системи включають Snow Switch® для надійного автоматичного управління разом з основним відбивачем, нагрівачі субрефлектора та живлення з з'єднувальною проводкою. Унікальною є система обмерзання Clear Signal®

розроблена для кожної антени, щоб забезпечити оптимальну продуктивність та простоту установки.

Системи обмерзання Clear Signal® розміщують антени через 10-метрові отвори. Стандартна номінальна потужність включає 40 Вт на квадратний фут для обмерзання та 140 Вт на квадратний фут для протиобледеніння. Напряга живлення залежить від необхідної потужності та уподобань споживача. Типові напруги включають 24, 100, 120, 200, 230 і 240 вольт однофазні і 208, 240, 277, 345, 416 і 480 вольт 3-фазні.

Нагрівачі використовують високотемпературну та механічно міцну ізоляцію Tefzel®, щоб забезпечити довгий безвідмовний обігрівач терміном служби не менше 15 років. За винятком поліпшених механічних властивостей, Tefzel® дуже схожий до тефлону®. Екранна оплетка забезпечує механічний та електричний захист у разі пошкодження нагрівача. Для передачі тепла та простоти монтажу, нагрівачі, сертифіковані CSA та NRTL, розташовані між шарами самоклеючої алюмінієвої фольги. Інтегровані погодостійкі роз'єми ще більше спрощують установку нагрівача.

Високопродуктивні обігрівачі роблять практичну щільність потужності проти заледеніння 140 Вт на квадратний фут для підтримання тієї ж надійності, що і стандартна щільність потужності 40 Вт на квадратний фут.

Системи обмерзання Clear Signal® постачаються з регуляторами Snow Switch® для надійного автоматичного управління та безпеки. Панель керування або контролер Snow Switch® забезпечує запатентований інтегральний переривник ланцюга несправності.

Можливість використання (GFCI) відповідно до вимог Національного електричного кодексу (NEC) щодо електричного та протиударного захисту.

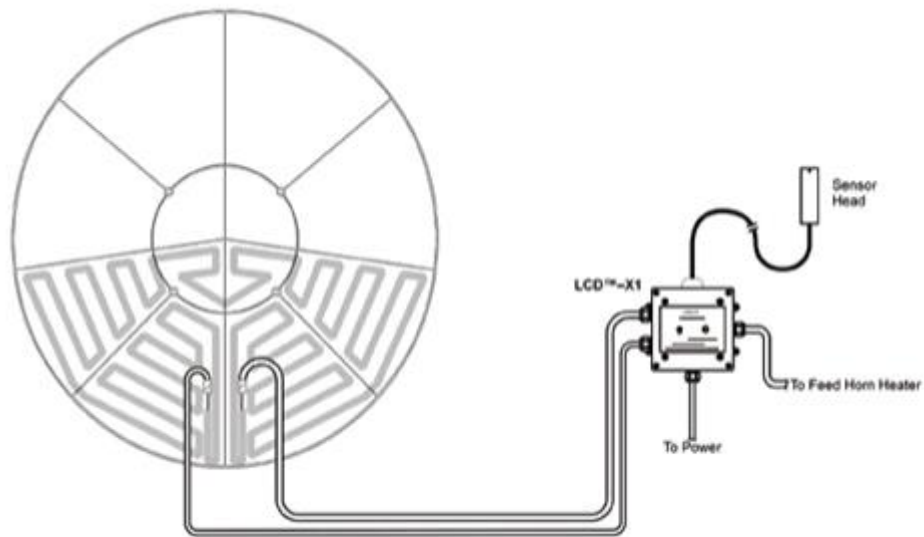


Рис.3.2. Підключення системи антиобледеніння

3.2. Максимізація тривалості роботи супутникової мережі AdWavez Marketing

Щоб максимізувати якість супутникової мережі та час її роботи та оптимізувати витрати, потрібні супутникові земні станції в регіонах, схильних до снігу системи протиобледеніння для захисту своїх антен від скупчення снігу та льоду на антені.



Рис.3.3. Вигляд антени у зимовий період

У деяких місцях система антиобледеніння антени є необхідною умовою, щоб запобігти значним втратам сигналу та збільшенню вартості мережі через ожеледицю та сніг, особливо при використанні діапазону Ku-, X- та Ka. Найефективнішим та економічно вигідним рішенням для більших фіксованих антен, таких як супутникові термінали для підприємств (SET) та шлюзів, є використання протиобледеніння гарячим повітрям.

Розглядаються вдосконалення, що розробляються, які обіцяють принести операторам земних станцій нові досягнення в галузі управління мережею, експлуатації та енергоефективності.

На додаток до великих ефектів атмосферного та дощового вицвітання, особливо на частотах діапазонів Ku-, X та Ka, що використовуються системою глобального супутникового широкопasmового зв'язку (WGS), накопичення снігу, особливо мокрого снігу, льоду або морозного дощу на супутнику Антенні відбивачі та подачі земної станції можуть спричинити значні наслідки втрати сигналу. До них належать:

- Послаблення супутникового сигналу
- Підвищення системної шумової температури антени
- Зниження ефективності, посилення та фокусування антени через спотворення антени, спричинені нерівномірною температурою поверхні. Разом ці ефекти (зменшення коефіцієнта посилення антени та підвищення температури шуму) зменшують показник загальної якості, що є критичним для закриття супутникових зв'язків.

- Дощ та лід також спричиняють деполаризацію залежно від часток та форми дощової краплі, послаблюючи сигнал, особливо якщо він присутній у отворі подачі.

- Склад снігу вологи може змінюватись - від сухого снігу до мокрого снігу, снігу, до суміші снігу та морозу.

Замерзаючі краплі дощу можуть перетворитися на лід при ударі об землю або відбивачем антени. Скупчення на нижній половині відбивача льоду, що утворився від замерзаючого дощу, також може тимчасово дефокусувати

відбивач. Наприклад, дослідники NASA спостерігали під час випробування терміналів діапазону Ка, що "скупчення снігу на параболічному відбивачі антени або утворення шару глазури під час замерзаючих дощів може значно погіршити отриманий сигнал".

Хоча сухий снігопад мінімально сприяє (тобто, менше 1 дБ) атмосферним втратам (на відміну від дощу), у типовому зв'язку фіксованого супутникового зв'язку (FSS) вплив снігу на антену може значно погіршити сигнал. Скупчення снігу на нижній половині відбивача антени може спричинити нерівномірний розподіл температури по поверхні відбивача, а отже тимчасово спотворити параболічну геометрію та порушити фокус антени. Ефекти можуть бути досить великими на більш високих частотах, таких як діапазон Ка, що використовується широкосмуговою системою глобального супутника (WGS), а також діапазони Х та Кс, оскільки для вузьких ширин променя на вищі частоти.

Як приклад, одне дослідження показало, що через скупчення снігу на дні антенного відбивача (у цьому випадку відбивачі 2,4 і 1,2 метра), нерівномірна температура поверхні призвела до дефокусування відбивача, створюючи втрати сигналу, до 6 дБ при діапазоні 20 ГГц. Це проілюстровано на малюнку 3.4, де синя лінія на верхній панелі показує зменшення потужності прийнятого сигналу на 6 дБ після того, як сухий сніг накопичився на антені та спотворив її фокусну точку та ефективність, а також зменшив коефіцієнт посилення. Червона лінія показує посилення сигналу за той самий період через розташовану разом антену, яка захищена від елементів і не погіршує сигнал.

Таке велике зменшення потужності сигналу може створити повне відключення мережі, якщо супутникова лінія зв'язку не була спроектована за рахунок "накладних витрат" (або поля зв'язку), щоб протистояти таким втратам, або спроектована для запобігання їй виникненню за допомогою системи антиобледеніння. Поміркуйте, як дощ відразу після сухої снігової події може раптово додати додаткові втрати атмосферного дощу від 1-6 дБ в міру зміни атмосферних / небесних умов.

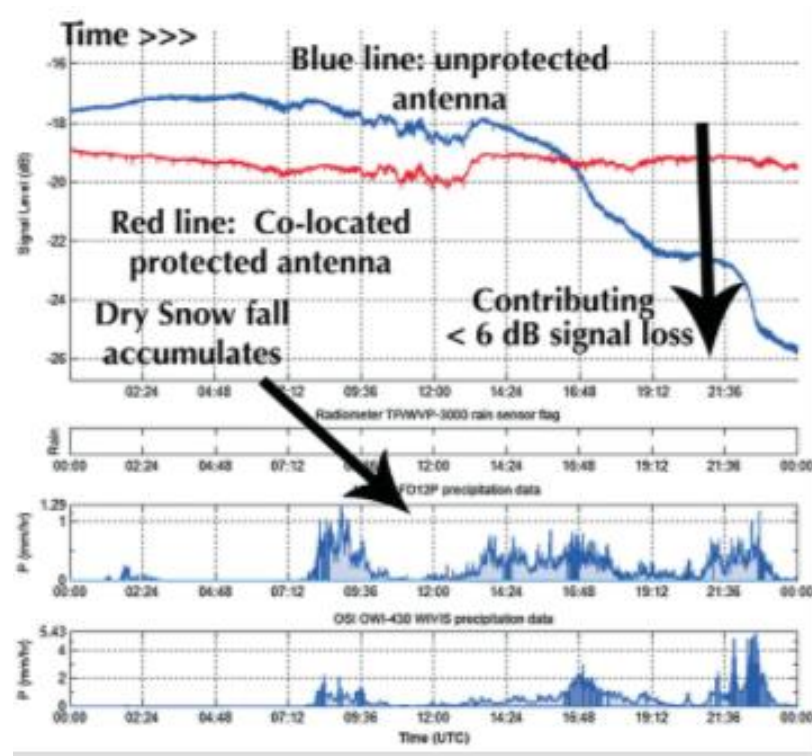


Рис.3.4. Вплив сухого снігу на антену діапазону Ка

Мокрий сніг має подібний ефект, як вода, послаблюючи супутникові сигнали. Вплив мокрого снігу завдяки високому вмісту рідини у воді має значне енергопоглинання як сигналів довжини хвилі см, так і мм. Накопичення мокрого снігу може спричинити значне послаблення сигналу, одночасно збільшуючи шум системи.

На малюнку 3.5 також взятому з досліджень, проведених у Ka-Band Канади дослідницьким центром комунікацій Канади (CRC), показаний приклад події мокрого снігу, що накопичується на антені. Синя лінія на верхній панелі показує раптове падіння отриманого сигналу приблизно на 8 дБ, що пов'язано з мокрим снігом, що накопичується на тестовій супутниковій антені. Червона лінія являє собою розташовану разом антену, захищену від скупчення снігу в той же час.

Мокрий сніг також легше прилипає до параболічних відбивачів та живлення антен. Дослідники спостерігали, що накопичення снігу на параболічному відбивачі антени або утворення шару глазури під час

замерзаючих дощів може суттєво погіршити отриманий сигнал (вимірний в діапазоні 20 ГГц).

Вода на головному відбивачі, а ще більш критично на отворі подачі, є ще одним потенційним джерелом втрат на частотах 20 і 30 ГГц. Дощ на рефлекторі може створити спотворену поверхню рефлектора, що в гіршому випадку зменшує коефіцієнт посилення антени на кілька дБ. Вода на отворі живильної деформації спотворює розподіл поданого електричного поля, отже, створюючи високе збурення на коефіцієнті стоячої хвилі подачі (КСВ). В одному лабораторному дослідженні виміряно і розраховано загасання антени внаслідок змочування поверхні може досягати 10 дБ в діапазоні Ка.

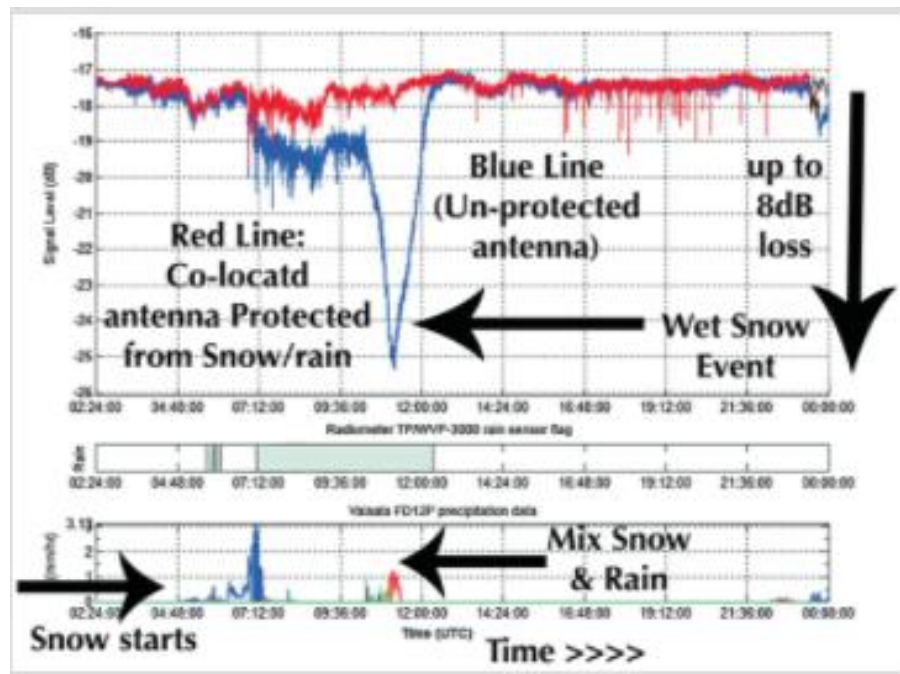


Рис.3.5. Дія мокрого снігу -8 дБ Втрата сигналу

Завдяки зростаючому попиту на SATCOM у зонах, де накопичується сніг та лід, також збільшився попит на підсистеми для розморожування антен таких компаній, як Walton De-Ice, яка веде на ринок як постачальник підсистем захисту від снігу та льоду до Виробники антен земної станції та земні станції.

Системи Walton De-Ice використовуються на комерційних та військових супутникових земних станціях по всьому світу для передачі С-, Ku-, Х-діапазону та діапазону Ка, включаючи такі мережі, як WGS (Wide - глобальний

супутник), як через застарілий супутник Засоби та шлюзи для телекомунікацій типу Enterprise Terminal (SET) та Modernized Earth Terminals (MET). Системи компанії допомагають ультрасучасному міністерству оборони США використовувати більшу пропускну здатність супутникового сузір'я Wide (Global Wide), допомагаючи задовольнити попит військових на дані, голос та відео по всьому світу як частину магістралі зв'язку військових.

Система протиобледеніння Walton Hot Air унікально розроблена для запобігання накопиченню снігу та льоду на антені земної станції. Запатентований винахід компанії використовує пленум, укладений на задній частині антени. Нагрівачі (газові або електричні), розташовані на конструкції антени, нагрівають і циркулюють повітря всередині пленуму, який, у свою чергу, швидко і рівномірно нагріває поверхню відбивача, щоб видалити або запобігти накопиченню льоду та / або снігу. Це показано на малюнку 3.

Для забезпечення максимальної гнучкості Walton пропонує електричні, газові та рідкі пропанові газові обігрівачі, щоб клієнт міг зробити свій вибір, виходячи з вартості та наявності джерела палива у своєму місці. Залежно від місця земної станції, газові нагрівачі можуть запропонувати економічні переваги в експлуатації, або електричні нагрівачі з нержавіючої сталі, що потребують низького обслуговування, можуть бути вигідними. Корпус Plenum також приховує непривабливу металеву опорну конструкцію і додатково запобігає гніздуванню птахів у задній структурі антени.

Техніка проти обледеніння.

Більшість антен мають відбивні панелі, які кріпляться на опорах ферми, які потім зв'язуються між собою. Рішення проти замерзання, які лише нагрівають окремі панелі відбивача, спричиняють втрати на спотворення, створюючи перепади температур між панелями відбивача та опорами ферми. При нагріванні метали розширюються з різною швидкістю. Товщина та розмір панелі антени різняться.

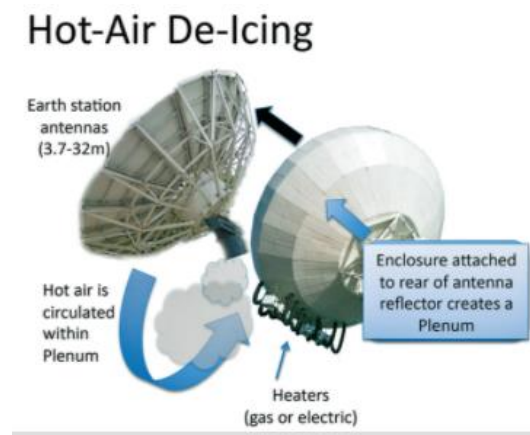


Рис.3.6. Розморожування повітрям

Ця різниця у розмірах може сприяти нерівномірному нагріванню металевих панелей відбивача за допомогою протиожеледних розчинів на основі подушечок, оскільки вони, як правило, залишають шаховий слід, який створює холодні та теплі смуги на поверхні відбивача. Нерівномірне нагрівання, яке подається на конструкцію антени, може спричинити розфокусування та деградацію відбивача. Якщо вони не добре розроблені, ці види продукції можуть призвести до великих втрат посилення антени (до 6 дБ в діапазоні Ка).

На відміну від електричної прокладки або протизамерзаючої стрічки, система протиобледеніння Walton Hot Air нагріває весь відбивач антени і задню структуру і рівномірно розподіляє тепло. Це мінімізує ймовірність спотворення відбивача (що може спричинити проблеми з сигналом), спричинене тепловим розширенням та стиском. Результати показують, що погіршення коефіцієнта посилення передачі та прийому в діапазоні Ка істотно зменшилося цим методом гарячого повітря, наприклад, до діапазону від 0,6 до 0,75 дБ для антен діапазону Ка від 9,2 до 13,2 метра. Це суттєве покращення продуктивності в порівнянні з раніше згаданим показником втрат 6 дБ з використанням інших методів протиобледеніння.

На малюнку 3.7 наведено приклад вимірювання тепла на реальній антені з використанням системи пленума Уолтона Де-Айс. У цьому прикладі інфрачервоні фотовимірювання тепла на великій антені виявляють різницю температур до і після активації системи Walton De-Ice.

Як зазначалося раніше, кількість води в рефлекторних антенах (рефлектор і подача) може спричинити додаткові втрати сигналу (до Від 4 до 5 дБ) поверх очікуваного ослаблення поширення через дощ у діапазоні Ка, залежно від розміру антени, типу антени та кута підйому. Як для антенного субрефлектора, так і для розморожування подачі, системи Уолтона повторно використовують нагріте повітря від пленуму, яке подається до подаючого рупора та субрефлектора, використовуючи повітродувку. Ці ж системи також виконують відведення дощу, щоб очистити вікно подаючого ріжка від вологи, що може значно погіршити сигнали діапазону Ка, діапазону Х та діапазону Ку.

Система протиобледеніння на основі подушечок повинна підтримувати нагрівання, навіть якщо вона має температурний поріг, який автоматично вмикає систему, коли присутній поріг холодної погоди. Таким чином, розчин проти обледеніння на основі теплової подушки споживає набагато більше енергетичних доларів, ніж, наприклад, газовий розчин Walton Plenum, який виявляє наявність вологи та температури та реагує швидким і рівномірним нагріванням антени, тим самим зберігаючи владу.

Автоматичне вимірювання температури та інтегроване управління пленумом Уолтона Де-Айс забезпечують рівномірне подавання тепла на поверхню відбивача для мінімізації теплового впливу на посилення антени. Сама конструкція мінімізує теплове розширення конструкції антени. Розподіл температури контролюється за допомогою циркуляційних вентиляторів та систем розподілу тепла всередині пленуму.

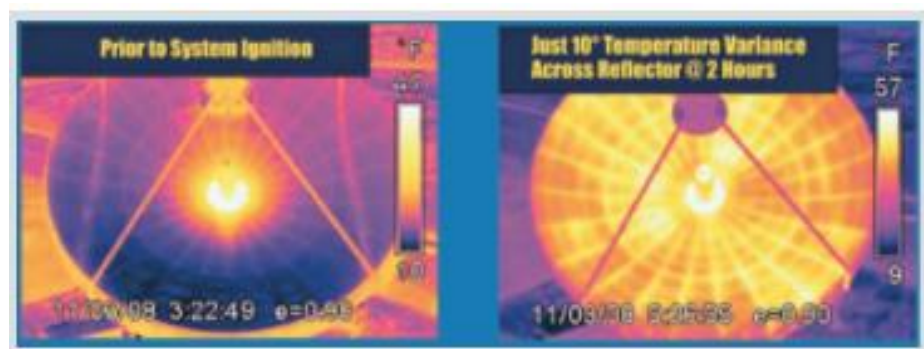


Рис.3.7. Приклад вимірювання тепла на реальній антені з використанням системи пленума Уолтона Де-Айс

Нова система контролю / моніторингу температури (TCM).

Новітні розробки TCM від Walton De-Ice забезпечать пасивний моніторинг температури поверхні антени та метод активного контролю температури поверхні антени.

Чотири дистанційні цифрові датчики температури встановлені у верхній, нижній та бічній квадрантах всередині основного відбивача. Точність цих датчиків становить + 0,5 градуса Цельсія. Інформація про помірний пленум повертається до пристрою, встановленого на панелі розподілу електроенергії. Показання масштабуються, а потім пересилаються через послідовне посилення на панель дисплея для монтажу в стійку 1RU. Це дає користувачам рухомий цифровий дисплей робочої температури кожного квадранта відбивача основної антени, завдяки чому оператори можуть підтвердити належну роботу системи знезаледювання.

Крім того, нові системи TCM будуть налаштовуватись на заміну нерухомих механічних теплових вимикачів, які раніше використовувались для активації та деактивації нагрівачів для розморожування. Вбудоване реле відкривається і закривається за допомогою цифрових датчиків температури всередині пленуму, запускаючи нагрівачі за потреби. Тепло від усіх нагрівачів в системі De-Ice з гарячим повітрям одночасно активуватиметься і деактивуватиметься. Вентилятор нагрівача / двигун повітрорудки працюватимуть до тих пір, поки не буде вимагатися знезаледювання. Це додає нову гнучкість оператора, яка раніше не була доступною при використанні фіксованих теплових вимикачів. З останньою версією користувач зможе легко регулювати робочу температуру своєї системи знезаледювання. Це забезпечує надійне розплавлення, одночасно потенційно знижуючи експлуатаційні витрати. Ручне заміщення для тестування та особливі умови експлуатації залишаються доступними.

Як обговорювалося, високочастотні антени вимагають жорстких допусків на поверхню. Температурний дисбаланс в умовах, що не мають зледеніння, може призвести до нерівномірного розширення та стиснення основного

відбивача. Це може статися, коли сонячне світло знаходиться на частині відбивача, а тіні - на іншій частині.

Щоб допомогти в боротьбі з асиметрією та оптимізувати коефіцієнт посилення та точність відбивача, нова система TCM буде налаштована для підтримки рівномірної температури поверхні. Агрегат контролює температури квадрантів відбивача. Оператор / користувач може встановити бажану допустиму різницю температур (“діапазон”) між усіма квадрантами. Коли це число перевищено, реле закривається, активуючи циркуляційні вентилятори всередині антенного пленуму, які розсіюють “гарячі точки” і вирівнюють різницю температур поверхні антенного рефлектора. Блок для кріплення в стійку також пропонує монітор та інтерфейс управління для віддаленого нагляду за системою. Температуру та активність реле можна контролювати дистанційно.

Завдяки цим новим розробкам в галузі контролю та моніторингу температури операторам земних станцій не доведеться здогадуватися, що їх система протиобледеніння працює належним чином, оскільки вони можуть бачити, що всі квадранти антен нагріваються. Користувачі можуть використовувати цифровий дисплей температури поверхні антени в режимі реального часу. Ця плата дозволяє користувачам контролювати надійне розплавлення, одночасно потенційно знижуючи експлуатаційні витрати. Економія паливної енергії та пропускну здатності може навіть врятувати життя в зоні конфлікту. Розморозжування антен з новими можливостями контролю та моніторингу температури обіцяють переваги для земної станції та послуг SATCOM. Вони можуть запропонувати можливості економії коштів організаціям, що керують супутниковими станціями Землі, а також розширені запаси зв'язку та безперебійну роботу мережі.

Системи розморозжування гарячим повітрям також можуть захистити нове покоління супутникових мереж діапазону Ka від великих втрат сигналу (наприклад, 8 дБ) та потенційних відключень критичних ліній зв'язку. Вони також можуть дозволити дизайнерам мереж уникати складання бюджету на такі

великі втрати потужності в супутниковій лінії зв'язку та проектуванні мережі. Отриманий в результаті приріст ефективності може призвести як до збільшення потужності, так і до економії вигод для військових мереж SATCOM.

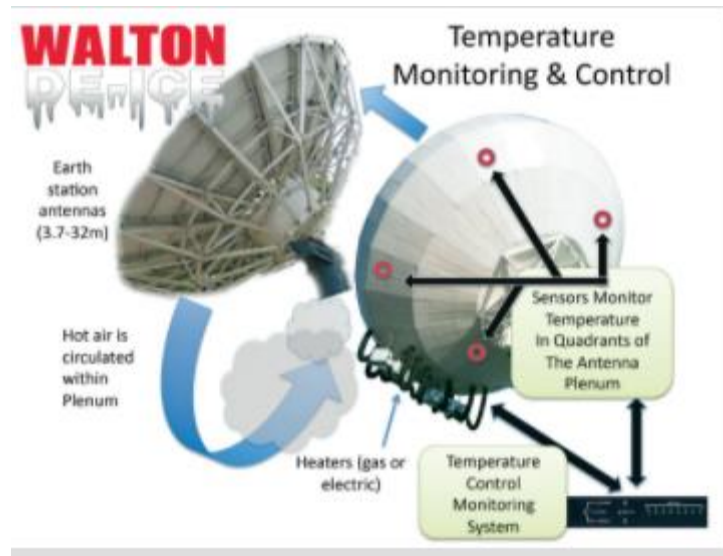


Рис.3.8 Розморожування гарячим повітрям з контролем / моніторингом температури

3.3. Усунення погіршення сигналу діапазону Ка

Супутникові системи діапазону Ка поширюються по всьому світу, пропонуючи нову пропускну здатність та можливості для бізнесу для комерціалізації діапазонів частот 20/30 ГГц. Однак, коли земні станції розширюються за межі своєї традиційної "зони комфорту" діапазону С та Ku, перетворюючись на нові послуги Ка-діапазону, їх проектувальники та будівельники стикаються з проблемами.

Проблеми з лініями діапазону Ка включають набагато більші втрати від зменшення дощу на частотах діапазону Ка у порівнянні з діапазоном Ku, а також додаткові втрати через змочування антени. РЧ-сигнали діапазону Ка набагато чутливіші до дощу, льоду та снігу на антені земної станції. Проблеми проектування наземних станцій Ка-діапазону включають вимоги до надзвичайної точності відбивача, оптимізованих систем антиобледеніння в холодному кліматі, систем випадання дощу та відведення дощу для антен.

Системи висхідної та низхідної ліній Ка-діапазону потребують всієї допомоги, щоб мінімізувати втрати ліній зв'язку та захистити їх від погіршення сигналу та відключень. Системи розморожування антен та захисту від атмосферних явищ забезпечують важливий, практичний та ефективний спосіб пом'якшення потенційних відключень та втрати сигналу та покращення продуктивності мережі та якості обслуговування.

Ка-Band Земна станція + Зростання мережі.

Розгортання численних супутникових систем діапазону Ка по всьому світу (наприклад, Spaceway, ViaSat, KA-Sat, WildBlue, Inmarsat Global Express, Eutelsat, DIRECTV, 03b тощо) зумовило будівництво супутніх наземних інфраструктур Земні станції Ка-діапазону, концентратори VSAT та широке використання віддалених терміналів діапазону Ка. Виробники та інтегратори земних станцій, такі як ASC Signal, General Dynamics SATCOM Technology (раніше VertexRSI) та ViaSat, отримали значне зростання попиту на продукцію Ка-band. За останні роки вони продали або встановили кілька сотень нових великих антенних систем Землі для підтримки цих нових комерційних систем діапазону Ка. Зараз ці хабові антени обслуговують мільйони абонентів DTH, широкосмугові термінали, важливі військові, урядові та ділові мережі.

Оскільки багато з цих великих антен були встановлені в місцях, де викликає занепокоєння сніг та ожеледиця, також зростає попит на підсистеми для розморожування антен таких компаній, як Walton De-Ice, (www.de-ice.com), які лідирує на ринку завдяки більш ніж 125 системам розморожування антен діапазону Ка, що поставляються по всьому світу. Компанія Walton De-Ice, що базується в Сан-Бернардіно, займається з протиобледеніння супутниковою земною станцією більше 35 років.



Рис.3.9. Зовнішній вигляд антенного обладнання

Система протиобледеніння Plenum від компанії Walton De-Ice, яка складається з екологічно контрольованої системи обігріву, яка встановлена за великою антеною.

Попит на системи діапазону Ка висвітлив багато «нових» технічних проблем з точки зору земної станції та проектування мережі, порівняно із традиційними вимогами (діапазон С-, Ku- та MSS). Постачальники вказують, що серед таких проблем є:

- Поверхня антени та точність відстеження: Земні станції Ка-діапазону вимагають високої точності відстеження та відбивача з високою точністю завдяки вузькій ширині променя діапазону Ка, порівняно з Ku-діапазоном. Вузька ширина променя вимагає більш точної регулярності поверхні антени та компенсації втрат вітру.

- Атмосфера та дощ: Атмосферні явища, дощ, сніг та лід поглинають радіочастотні сигнали в діапазоні Ка, так що сигнал діапазону Ка зазнає більшої деградації, ніж сигнал діапазону Ku. Наприклад, ослаблення дощу на частоті 31 ГГц (діапазон Ка) майже втричі перевищує значення 12 ГГц

(діапазон Ku). Оскільки згасання дощу може бути дуже великим, у діапазоні Ka управління та потужність висхідної лінії зв'язку стають більш складними.

- Змочування антени / Ефект мокрої антени: Мабуть, менш відомим елементом є те, що в системах зв'язку діапазону Ka слід включати додатковий запас сигналу для обліку вологості антенної системи. (Сухий сніг мінімально впливає на поширення діапазону Ka станційні антени (ESA) можуть спричинити додаткове погіршення сигналу, що перевищує очікуване послаблення розповсюдження лише завдяки дощу. Дощ на рефлекторі може створити спотворену поверхню рефлектора, що в гіршому випадку зменшує коефіцієнт посилення антени на кілька дБ. Вода на отворі живильної деформації спотворює розподіл поданого електричного поля, отже, створюючи високе збурення на коефіцієнті стоячої хвилі подачі (КСВ). В одному лабораторному дослідженні виміряно і розраховано загасання антени внаслідок змочування поверхні може досягати 10 дБ в діапазоні Ka. Ослаблення антени під час дощу в будь-який момент часу залежить від кількості води, накопиченої на поверхнях антени в цей момент. Однак це значною мірою не залежить від миттєвої швидкості дощу.

Поля сигналу висхідної та низхідної ліній зв'язку є цінними ресурсами в діапазоні Ka, що додає простий момент: висхідні лінії зв'язку Ka і системи низхідної лінії зв'язку повинні мінімізувати втрати каналів та отримати захист від збою.

У холодному кліматі необхідно вживати заходів для видалення мокрого снігу та скупчення льоду з поверхонь антен та каналів. Що стосується дощового клімату, вимоги до втрати води та стоку починають з'являтися в технічних характеристиках діапазону Ka. Такі постачальники технологій, як Walton De-Ice, представили нові інновації, такі як системи Rain Quake та Ice Quake, які пом'якшують змочування антени діапазону Ka.

Ка-діапазон Uplink / Великі антени.

Рішення протиобледеніння для великих антен висхідної лінії розміром від 5 до 32 метрів включають:

- Системи пленуму, які рециркулюють гаряче повітря у корпус позаду антенного відбивача

- Нагрівач та нагрівальна стрічки, що використовують нагріті елементи, прикріплені до задньої частини відбивача, і не впливають на задню структуру

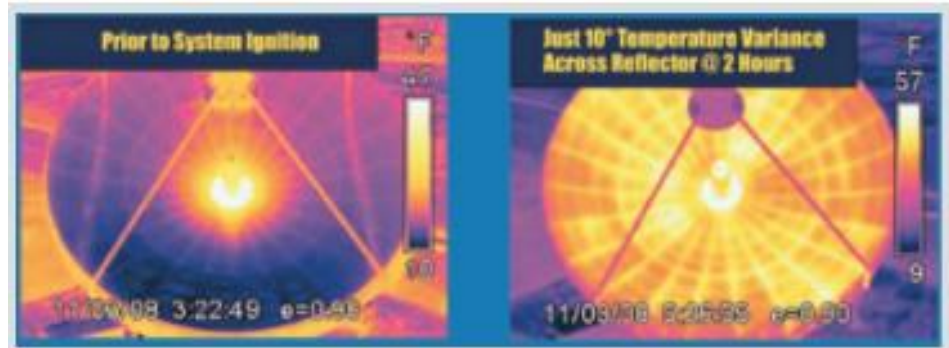


Рис.3.10. Рівномірне нагрівання поверхні антени мінімізує втрати на спотворення.

У цьому прикладі інфрачервоні фотовимірювання тепла на великій антені виявляють різницю температур до і після активації системи Walton De-Ice.

Залежно від застосування, виробники можуть пропонувати електронагрівачі та / або газові (рідкий пропан та / або природний газ) обігрівачі. Якщо вони не добре розроблені, ці пристрої можуть створювати великі втрати посилення антени (до 6 дБ). Неоднорідне тепло, яке подається на конструкцію антени, може спричинити розфокусування та деградацію відбивача, як уже згадувалося раніше.

Walton De-Ice вдосконалив свою унікальну, перевірену на місцях, пленумну систему розморожування гарячим повітрям, завдяки унікальній системі охолодження повітря, яка кріпиться за антеною. Рішення Walton De-Ice пропонує кілька переваг перед електричними системами проти льоду або нагрівальним краном - циркуляція гарячого повітря забезпечує рівномірний нагрів поверхні антен, що призводить до повністю ефективного усунення льоду.

Автоматичне вимірювання температури та інтегроване управління пленумом Уолтона Де-Айс забезпечують рівномірне подавання тепла на

поверхню відбивача для мінімізації теплового впливу на посилення антени. Сама конструкція мінімізує теплове розширення конструкції антени. Розподіл температури контролюється за допомогою циркуляційних вентиляторів та систем розподілу тепла всередині пелену. Контролер температурного балансу вбудований у стандартний автоматичний блок монітора та управління для вимірювання, контролю та оптимізації розподілу поверхневого тепла в режимі реального часу.

Результати показують погіршення коефіцієнта посилення передачі та прийому в діапазоні Ка, зменшене, наприклад, до діапазону від 0,6 до 0,75 дБ для антен діапазону 9,2 м-13,2 м. Це суттєве покращення продуктивності в порівнянні з раніше згаданим показником 6 дБ.

Однією з новіших розробок стало впровадження більш енергоефективних систем опалення та варіантів, які допоможуть зменшити експлуатаційні витрати на Землі та підтримати корпоративні зелені ініціативи. Наприклад, Walton De-Ice додав новий, вищий рівень сертифікації CE (Європейський Союз) - до газових опалювальних установок, які зараз доступні у всьому світі.

«Наші нові сертифіковані CE сертифікати газових обігрівачів поєднуються з системою Walton De-Ice Plenum, забезпечуючи неперевершену продуктивність та надійність, забезпечуючи найшвидше та економічно вигідне рішення для запобігання накопиченню снігу та льоду 24x7 за найнижчих експлуатаційних витрат для антени земної станції », - сказав Девід Уолтон з " Уолтон Де-Айс ". "Новий газовий обігрівач легко модернізувати на існуючих антенах, використовуючи ту саму конфігурацію проводки та кріплення, що і оригінальні обігрівачі Walton", - додав він.

Антени мають відбивні панелі, які кріпляться на опорах ферми, які потім зв'язуються між собою. Рішення проти замерзання, які лише нагрівають окремі панелі відбивача, спричиняють втрати на спотворення, створюючи перепади температур між панелями відбивача та опорами ферми. При нагріванні метали розширюються з різною швидкістю. Товщина та розмір панелі антени різняться. Ця різниця у розмірах може сприяти нерівномірному нагріванню

металевих панелей відбивача за допомогою протижеледних розчинів на основі подушок, оскільки вони, як правило, залишають шаховий слід, який створює холод і зігріває смуги на поверхні відбивача. На відміну від цього, розморожувач повітря Walton Plenum охоплює всю задню структуру і рівномірно розподіляє тепло.

Системи Walton De Ice управляються за допомогою контролера температурного балансу (ТВС), який контролює чотири окремі зони всередині пленуму, а також включає термостат, в якому, як тільки поверхня рефлектора досягне певної температури (це відбувається набагато швидше, ніж при використанні термонагрівача -ice), тоді нагрівання активується лише на стільки часу, щоб знову нагріти простір.

Система протиобледеніння на основі подушечок повинна підтримувати нагрівання, навіть якщо вона має температурний поріг, який автоматично вмикає систему, коли присутній поріг холодної погоди. Це рішення споживає набагато більше енергетичних доларів, ніж, наприклад, газонагрівальний розчин Walton Plenum, який виявляє наявність вологи та температури та реагує швидким та рівномірним нагріванням антени, тим самим зберігаючи потужність.

Для антенного рефлектора та розморожування подачі системи відтоплення льоду Walton повторно використовують нагріте повітря з пленуму, яке подається до подаючого різка та субрефлектора, використовуючи повітродувку. Ці ж системи також виконують відведення дощу, щоб очистити вікно подаючого різка від вологи, яка може сильно погіршити сигнали діапазону Ка

Як вже зазначалося, згасання дощу є значним викликом для систем діапазону Ка. Послаблення сигналу в діапазоні Ка під час сильних опадів може бути в чотири-п'ять разів більше, ніж у антени С- або Ку-діапазону.

Змочування антени, функція дощу від щільності, типу антени, частоти та кута підйому, може сприяти 2,7-3,9 дБ втрат зв'язку в діапазоні 20/30 ГГц

діапазону Ка. Деполяризація сигналу, спричинена дощем, може додати рівні затування більше 10 дБ.

На щастя, існують такі рішення, як рішення, представлене Walton De-Ice, який розробив новий інноваційний спосіб пом'якшення ефектів дощу та змочування антен. Система Walton De-Ice Rain Quake може значно зменшити вплив випадання дощу на антени діапазону Ка і захистити їх ефективність в аналітичному / аналоговому режимі. Для теплого та дощового клімату система запобігає покриттю дощової води на поверхні антени і працює на антенах розміром від 0,6 метрів VSAT до великих антен діаметром до 6 метрів. Система також запобігає вицвітання дощу, спричиненому покриттям на відбивальній поверхні антени для антен Ku-діапазону.

Покривало Rain Quake натягується на антену, утримуючи дощ, використовуючи архітектурний тканинний матеріал, що проливає воду, який практично не видно для ВЧ. Вібруючи тканину, дощ швидко скидає антену.

"Полюві випробування показали, що під час сильних дощів системи Walton Rain Quake можуть зменшити втрату даних більш ніж у 20 разів у порівнянні з антенами діапазону Ка без захисту", - сказав Уолтон. Тести показують, що система Rain Quake допомагає мінімізувати частоту помилок при розряді, в той час як температура шуму антени підвищується, тим самим покращуючи поля зв'язку каналу Ка-діапазону під час дощу.

Для холодного клімату дощовий землетрус називають крижаним землетрусом. Версія продукту Ice Quake запобігає накопиченню снігу та льоду на антенах діаметром від 0,6 до 6,3 метра.

Кришка антени Уолтона, яку називають Сніговим щитом, виготовлена з надзвичайно міцного тканинного матеріалу з архітектурним покриттям, знову ж таки практично невидимого для ВЧ. Сніговий щит простягається над супутниковою антеною і може бути використаний як пасивне рішення без нагрівача або як нагріте рішення. Walton De-Ice запатентував комбіновану систему кришки антени плюс активний нагрівальний компонент. Коли сонце рухається зі сходу на захід, антенний рефлектор сприйнятливий до гарячих і

холодних плям, що також призводить до втрат рефлектора на спотворення. Власники земних станцій виявили додаткову перевагу, використовуючи Сніговий щит - виріб також виконує роль сонячного чохла, допомагаючи рівномірно розподіляти тепло від сонця, щоб мінімізувати втрати на спотворення.

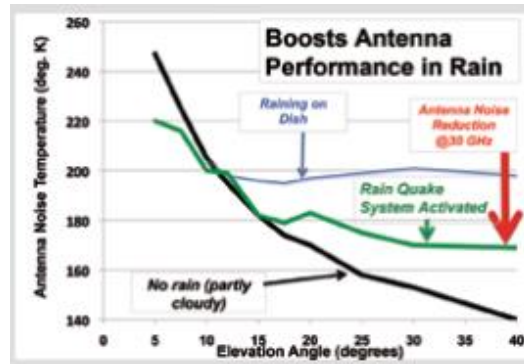


Рис.3.11. Зниження температури шуму антени діапазону Ка

За словами Уолтона Де-Айса, перевагами їх модульного рішення Snow Shield / Solar Cover / Rain Quake / Ice Quake є те, що кришка антени може залишатися на своєму місці протягом року. Інші покриття на ринку, як правило, потрібно знімати протягом літніх місяців через УФ-промені, які призводять до руйнування матеріалу та поглинання води, бруду та бруду. Недоліком таких видів кришок є те, що користувач антени повинен замінювати такі кришки кожні кілька років. Це означає додаткові витрати на робочу силу, простої, а також нові покриття.

Крижаний землетрус покращує ефективність покриття антени Snow Shield, вібруючи тканину покриву, струшуючи сніг та лід, що погіршують сигнали. За словами Девіда Уолтона, "Система крижаного землетрусу забезпечує величезну економію - до 100 разів - на оплаті електроенергії порівняно з конкуруючими системами проти льоду. Автоматичний блок контролю та контролю вологості та температури забезпечує цілодобову роботу. Усуваючи необхідність у високоенергетичному трубопроводі, траншеї та електричному комутаційному пристрої на об'єкті, метод також економить витрати порівняно з установкою звичайних електричних систем опалення".

На додаток до енергозберігаючої вібраційної тканини для найвищого рівня антиобледеніння до пасивного снігового щита або щита від дощу все ще може бути доданий газовий або електричний обігрівач. Це виконується без зняття кришки та уникнення простою антени

Проблеми проектування наземних станцій Ка-діапазону вирішуються завдяки жорстким конструкційним і виробничим допускам, вдосконаленим антенам, підсилювачам потужності та перетворювачам частоти, а також вдосконаленням систем захисту від погоди. Здоровий ринковий попит на діапазон Ка штовхає виробників, таких як Walton De-Ice, продовжувати впроваджувати інновації та розширювати свою лінійку продуктів, щоб надати клієнтам більше рішень, щоб забезпечити їх повну експлуатацію VSAT та великі супутникові антени земних станцій в найсуворіших екологічних умовах .

Мережеві оператори Ка-діапазону та проектувальники можуть краще захистити свої критичні супутникові мережі від втрати та погіршення сигналу через ожеледицю, сніг, дощ та сонце, додавши оптимізовані підсистеми розморожування та випадання дощу до своїх існуючих та запланованих антен земних станцій. Правильне розморожування антени земної станції Ка-діапазону або підсистема дощового покриву може забезпечити чудовий "удар", допомагаючи операторам максимізувати сигнал діапазону Ка, якість обслуговування та надійність перед викликами зв'язку Ка-діапазону .

3.4. Висновки до розділу 3

У даному розділі наведені система антиобледеніння антен Environmenta Technology, максимізація тривалості роботи супутникової мережі AdWavez Marketing, усунення погіршення сигналу діапазону Ка.

Проблеми проектування наземних станцій Ка-діапазону вирішуються завдяки жорстким конструкційним і виробничим допускам, вдосконаленим антенам, підсилювачам потужності та перетворювачам частоти, а також вдосконаленням систем захисту від погоди.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Забезпечення безпеки життєдіяльності підприємств радіотехнічної галузі у воєнний час

Підвищення стійкості об'єкта досягають посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкта (систем комунікацій, адмінбудівель). Для цього на об'єкті завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкта. Заходи будуть економічно обгрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, бо у процесі проектування, як відзначалося раніше, у багатьох випадках можна домогтися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їх реалізацію.

На існуючих об'єктах заходи щодо підвищення стійкості доцільно проводити в процесі реконструкції чи виконання інших ремонтно-будівельних робіт.

Підвищення стійкості роботи об'єкту передбачає:

- захист робітників та службовців у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів і удосконалювання технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;

- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробку заходів щодо зменшення імовірності виникнення вторинних факторів ураження і збитків від них;
- підготовку до відновлення виробництва після ураження об'єкта.

Особлива увага приділяється забезпеченню укриттям всіх працюючих у захисних спорудженнях. З цією метою розробляється план нагромадження і будівництва необхідної кількості захисних споруджень; у випадку недостатці сховищ, які відповідають сучасним вимогам, у ньому передбачається укриття робітників та службовців у швидко створюваних сховищах.

Посилення міцності будинків, споруджень, устаткування та їх конструкцій пов'язано з великими витратами. Тому підвищення характеристик міцності проводять, якщо:

- окремі особливо важливі будинки і спорудження значно слабші за інші і їхню міцність доцільно довести до прийнятої для даного підприємства межі стійкості;
- необхідно зберегти деякі важливі ділянки (цехи), які можуть самостійно функціонувати при виході з ладу інших і забезпечать випуск особливо цінної продукції.

При проектуванні і будівництві нових цехів підвищення стійкості може бути досягнуто застосуванням для несучих конструкцій живлення і технологічні установки. Якщо за умовами технологічного процесу зупинити окремі ділянки виробництва, агрегати, печі і т.п. не можна, їх переводять на понижений режим роботи; ті, що спостерігають за безупинною роботою цих елементів, повинні бути забезпечені індивідуальними укриттями, спорудженими в безпосередній близькості від робочого місця.

Підвищення стійкості системи енергопостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Створюються дублюючі джерела електроенергії, газу, води і пари шляхом прокладання декількох електро-, газо-, водо- і паропостачальних комунікацій та подальшого

їх закілювання. Інженерні й енергетичні комунікації переносяться в підземні колектори, найбільш відповідальні пристрої (центральні диспетчерські розподільні пункти) розміщуються в підвальних приміщеннях будинків чи у спеціально побудованих міцних спорудах. Там, де прокладання комунікацій у траншеях чи тунелях неможливе, здійснюється закріплення трубопроводів до естакад, щоб уникнути їх зрушення чи скидання; самі естакади зміцнюються установкою розтяжок у місцях поворотів і розгалужень.

Для забезпечення проведення РІНР і якомога швидшого відновлення виробництва на випадок виходу з ладу основних джерел енергоживлення повинен бути створений резерв джерел електро- і водопостачання (пересувні електростанції і насосні агрегати з автономними двигунами).

Стійкість систем електропостачання об'єкта підвищують, підключаючи його до декількох джерел живлення, віддалених одне від одного на відстань, що виключає можливість їх одночасного ураження одним ядерним вибухом.

У мережах електропостачання проводять заходи щодо переведення повітряних ліній електропередач на підземні.

Водопостачання об'єкта більш стійке і надійне, якщо він живиться від декількох систем чи від двох-трьох незалежних джерел, віддалених одне від одного на безпечну відстань. Гарантоване постачання водою забезпечується тільки від захищених джерел з автономними і також захищеними іншими джерелами енергії (наприклад, артезіанські і безнапірні свердловини, приєднані до загальної системи водопостачання об'єкта).

Для стійкого і надійного постачання підприємств газом необхідно передбачити його подачу в газові мережі об'єктів від газо-регуляторних пунктів (газороздавальних станцій), а на випадок виходу з ладу останніх влаштовувати обвідні лінії — байпаси. При будівництві нових чи реконструкції старих газових мереж по можливості повинні створюватися закілювані системи. Усі вузли і лінії газопостачання бажано розміщувати під землею (заглиблення комунікацій значно зменшує імовірність їх ураження ударною хвилею ядерного вибуху й

інших засобів нападу, а крім того, значно знижує можливість виникнення вторинних факторів ураження).

З метою зменшення пожежної небезпеки (зниження можливості витікання газу) на газопроводах встановлюються автоматичні запірні і перемикаючі пристрої дистанційного керування, що дозволяють при розриві труб безпосередньо з диспетчерського пункту відключати мережі чи переключати потік газу.

Підвищення стійкості систем теплопостачання досягається захистом джерел тепла і заглибленням комунікацій у ґрунт. Під час одержання об'єктом тепла від міської теплоцентралі проводять заходи по забезпеченню стійкості підвідних трубопроводів та наявних розподільних пристроїв. Теплоу мережу будують, як правило, за кільцевою схемою. Труби системи прокладають у спеціальних каналах, запірні та регулюючі пристосування розміщують в оглядових колодязях і по можливості на території, яка не буде завалена у випадку руйнування.

Заходи по підвищенню стійкості системи каналізації розробляють окремо для зливових, промислових і господарських (фекальних) зливів. На об'єкті обладнують не менше двох виводів з підключенням до міських каналізаційних колекторів і додатково обладнують виводи для аварійних скидань неочищених вод у прилеглі до об'єкта яри та інші природні заглиблення.

Якщо на об'єкті є мережі і споруди для подачі стиснутого повітря, кисню, аміаку, хлору та інших рідких і газоподібних реактивів, інженерно-технічні заходи для цих систем розробляються в основному з метою запобігання вторинних факторів ураження. Одним із найважливіших заходів по забезпеченню сталого, безперервного на всіх етапах управління у надзвичайних ситуаціях є розподіл всього персоналу об'єкта на дві групи: працююча зміна (перебуває на об'єкті) і відпочиваюча (перебуває у заміській зоні або по дорозі між заміською зоною та об'єктом). До того ж створюються дві-три групи управління (за кількістю змін), які, крім керівництва виробництвом, повинні

бути готові будь-якої миті взяти на себе організацію і керівництво проведенням РІНР.

Для забезпечення надійного управління діяльністю об'єкта у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу в одному із сховищ обладнується пункт управління. Диспетчерські пункти і радіовузли розміщують по можливості у найміцніших спорудах і підвальних приміщеннях. Повітряні лінії зв'язку до найважливіших виробничих ділянок переводять на підземно-кабельні. Стійкість засобів зв'язку можна підвищити прокладанням енергопостачальних фідерів на автоматичну телефонну станцію (АТС) та радіовузлу об'єкта, підготовкою пересувних електростанцій для заряджання акумуляторів АТМ і для живлення радіовузла при відключенні основних джерел електропостачання. При розширенні мережі підземних кабельних ліній необхідно прокладати дводотові, захищені екранами від впливу ЕМІ. Для більшої надійності повинні бути передбачені дублюючі засоби зв'язку.

У районі розосередження робітників і службовців також обладнують пункт управління. Між міським і заміським пунктами управління проводять зв'язок, як правило, телефонний, передбачаючи його дублювання за допомогою радіо- та пересувних засобів, також вживають заходів по забезпеченню зв'язку із змінними підприємствами по кооперації.

Особливе значення має сталість виробничих та господарських зв'язків з постачання об'єкта всіма видами енергії, водою, паром, газом; з транспортних послуг; з поставок сировини, напівфабрикатів, комплектуючих виробів та ін.

Підвищення сталості матеріально-технічного постачання забезпечується створенням запасів сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, обладнання, палива. Розміри незменшуваних запасів визначають для кожного об'єкта залежно від можливості їх накопичення, важливості продукції, яка випускається, визначених термінів переходу на виробництво продукції в умовах надзвичайних ситуацій. Стабільно працююче підприємство повинно бути здатним

безперебійно випускати продукцію за рахунок наявних запасів до відновлення зв'язків з поставок або до одержання необхідного від нових постачальників.

Дуже велике значення має своєчасне відправлення готової продукції споживачам. На деяких об'єктах (нафтопереробних, хімічних та ін.) накопичення готової продукції може перетворитися у вкрай небезпечне джерело вторинних факторів ураження і створити загрозу як самому об'єкту, так і сусіднім підприємствам та житловому сектору. Якщо неможливо відправити готову продукцію споживачам, її слід вивезти за межі зони можливих руйнувань (наприклад, на базу зберігання у замиській зоні).

Зменшення ймовірності виникнення вторинних факторів ураження і збитків від них досягається завчасним плануванням і проведенням відповідних профілактичних заходів.

На об'єктах, пов'язаних з випуском та зберіганням горючих і СДОР, плани таких заходів розробляються і в мирний час. У них враховуються характер і масштаби можливих аварій, визначаються заходи по врятуванню людей і матеріальних цінностей, шляхи і способи ліквідації наслідків, порядок дій спеціалізованих пожежних та рятувальних команд.

На об'єктах, технологічні процеси яких пов'язані із застосуванням пожежонебезпечних, вибухонебезпечних і СДОР, визначається необхідний мінімум їх запасів. Зберігання таких речовин на території підприємства організовується у захищених сховищах; зайві запаси вивозяться у замиську зону.

Протипожежні заходи щодо захисту об'єктів від впливу надзвичайних ситуацій повинні бути спрямовані на створення умов, які забезпечують мінімальний ризик виникнення пожеж, що виникають унаслідок прямої дії світлового випромінювання, загорянь, які можуть бути викликані дією ударної хвилі, а також на обмеження розповсюдження вогню і на створення необхідних умов для ліквідації пожеж.

Під час реконструкції старих та будівництві нових об'єктів необхідно передбачати протипожежні розриви, які б забезпечували умови для маневру

пожежних сил і засобів у період гасіння чи локалізації пожеж, зведення спеціальних протипожежних резервуарів з водою та штучних водойм. Для попередження пожеж у будівлях і спорудах повинні застосовуватися вогнестійкі конструкції, вогнезахисна обробка горючих елементів, спеціальні протипожежні перешкоди (великі будівлі розділяють на секції вогнетривкими стіна-мибрандмауерами). У сховищах вибухонебезпечних речовин (стиснутих газів, летких рідин, твердих ВР) слід установлювати пристрої, які б локалізували руйнівний ефект вибуху: викидні панелі, вікна і фрамуги, що самі відчиняються; різного роду клапани-відсікачі.

У приміщеннях, де можливе зараження повітря СДОР, установлюють автоматичні пристрої нейтралізації, які при певній концентрації отруйних речовин починають розбризкувати нейтралізуючу рідину [2].

На об'єкті повинен бути забезпечений надійних захист людей більшої за кількістю працюючої зміни від усіх видів надзвичайних ситуацій. Це досягається укриттям робітників та службовців у сховищах; якщо їх не вистачає, будуються бомбосховища зі спрощеним обладнанням. Працівники об'єкта і члени їх сімей забезпечуються ЗІЗ. Робиться перерахунок по змінах робітників і службовців, що залишаються, у відповідності з новим технологічним процесом. При визначенні тривалості робочого дня і складанні змінного графіка роботи змін враховують реальні потреби виробництва, щоб уникнути скупчення на території об'єкта людей, яких стає більше, ніж можуть вмістити сховища. Об'єкт переводиться на мінімально необхідне споживання електроенергії, газу, пари і палива. Перевіряється готовність до безаварійного зупинення виробництва, способи скорочення чи повного припинення подачі паливних, отруйних і вибухонебезпечних сумішей. Адміністративний апарат, відділи, лабораторії, конструкторські бюро та інші підрозділи, перебування яких на об'єкті у надзвичайних ситуаціях необов'язкове, евакуюють у заміську зону і їх роботу організують там. На об'єкті залишаються тільки персонал та обслуговуючі підрозділи, які необхідні для забезпечення виробничої діяльності робочої зміни і

керівництва усім підприємством. З території об'єкта вивозять в укриття особливо важливі матеріальні цінності та документацію.

Вводиться в дію цілодобова система управління об'єктом і всіма його підрозділами безпосередньо на об'єкті і в заміській зоні. Установлюється оперативне чергування. Перевіряється наявність та справність обладнання на пунктах управління ЦО об'єкта і розгортаються усі види зв'язку.

Дуже важливим показником сталості роботи об'єкта є готовність його у найкоротші терміни після ураження відновити випуск продукції.

У результаті об'єкт може зазнати повних, сильних, середніх чи слабких руйнувань. Під час повних або сильних руйнувань налагодити заново виробництво в умовах ведення війни практично буде неможливо. При одержанні об'єктом слабких чи середніх руйнувань відновлення виробництва цілком реальне. Тому плани і проекти, як правило, розробляються у двох варіантах — на випадок одержання об'єктом слабких і середніх руйнувань. Для цих умов визначають характер та обсяг першочергових відновлювальних робіт.

У розрахунках по відновленню будівель і споруд зазначають характер руйнувань, перелік і загальний обсяг робіт (вартість, трудомісткість, терміни); потребу у робочій силі, які будівельні підрозділи об'єкта до цього залучатимуться, які організації обслуговуватимуть об'єкт; потребу в матеріалах, машинах, механізмах та ін. У розрахунках на ремонт обладнання зазначають вид обладнання і його кількість, перелік ремонтно-відбудовних робіт та їх вартість, необхідну робочу силу, матеріали та запчастини, терміни відбудови. В основу планів та проектів закладається вимога — якнайшвидше відновити.

4.2. Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів.

З огляду на те, що основною метою такої перевірки є аналіз існуючої на підприємстві системи управління охороною праці та визначення її ефективності, це попередження необхідне для того, щоб дати можливість підприємству проаналізувати дотримання вимог законодавчих і нормативно-правових актів з охорони праці, провести коригуючі заходи.

Перш за все спеціалісту з охорони праці необхідно переконатися у наявності та правильності ведення необхідної документації:

- дозволу на початок виконання робіт підвищеної небезпеки та експлуатацію таких об'єктів,
- статистичних звітів з охорони праці за формою 7-ТНВ, 1-ПВ, 1-УБ (других екземплярів чи копій),
- Положення про систему управління охороною праці,
- Інструкцій з охорони праці та журналу їх обліку,
- актів за формою Н-1 і журналу реєстрації потерпілих від нещасних випадків,
- планів робіт,
- актів перевірки стану охорони праці як внутрішнього, так і зовнішнього контролю,
- приписів з відмітками про виконання заходів, наказів з питань з охорони праці, у тому числі за матеріалами перевірки органів державного нагляду та контролю,
- матеріалів аналізу, оцінки стану та умов праці, щодо стимулювання дотримання норм охорони праці та ін.

Крім того, у службі механіка повинні бути графіки планово-попереджувальних ремонтів (ППР) виробничого обладнання, затверджені головним Інженером, графіки періодичних випробувань та оглядів об'єктів підвищеної небезпеки, паспорти на них, акти приймання обладнання з ремонту, а

в службі енергетика - плани ППР, випробувань, оглядів енергетичного устаткування; графіки обслуговування та ремонту вентиляційних систем і кондиціонерів, освітлювальних пристроїв; протоколи перевірки ізоляції електроустаткування, електропроводки, кабелів; протоколи вимірювання опору розтікання струму на основних заземлювачах і заземленнях магістралей та устаткування, перевірки повного опору петлі фаза-нуль, випробувань та перевірки електрозахисних засобів, акти огляду стану безпеки електроустановок споживачів; паспорти на електроустановки.

Необхідно також перевірити дотримання вимог Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, звернувши особливу увагу на журнал реєстрації працівників, які звернулися до травматологічного пункту, наявність у керівників структурних підрозділів актів за формою Н-1 та наявність в актах оцінок про виконання намічених заходів.

Необхідно звернути увагу і на своєчасність проведення усіх видів навчання та інструктажів з охорони праці, і наявність затвердженого списку працівників певних професій, звільнених від проведення повторних інструктажів з охорони праці та на дотримання періодичності медоглядів працюючих.

У структурних виробничих підрозділах рекомендується перевірити наявність:

- схем розміщення технологічного устаткування і відповідність фактичного розміщення устаткування цим схемам;
- на робочих місцях технологічної документації, інструкцій з охорони праці та інструкцій з експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки;
- журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці;
- документації, що підтверджує проведення контролю стану охорони праці;
- журналу чищення повітропроводів вентиляційних систем;
- списків осіб, що підлягають періодичним медоглядам;
- протоколів санітарно-гігієнічних випробувань виробничого середовища;

- журналів обліку та огляду вантажопідйомних механізмів, пристосувань і тари;

- журналів обліку видачі нарядів-допусків на виконання робіт підвищеної небезпеки;

- стендів з охорони праці, плакатів, знаків безпеки, планів евакуації, засобів пожежогасіння;

- сигнальних кольорів на обладнанні та трубопроводах.

Усі вимоги безпеки до устаткування і технологічних процесів перерахувати неможливо. Необхідно пам'ятати основне:

- обладнання повинне відповідати вимогам ССБТ, тобто бути забезпечене засобами колективного захисту, які перекривають доступ у небезпечну зону, захищають від пилу, газів, теплових випромінювань, електромагнітних полів, іонізуючих випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку;

- робітники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту;

- повинні дотримуватися терміни періодичних оглядів, опосвідчень, випробувань;

- повинні бути вжиті заходи щодо захисту персоналу від ураження електричним струмом, а також від виникнення статичної електрики під час використання легкозаймистих рідин;

- перепади висот вище 1,3 м повинні бути огорожені;

- під час виконання важких, травмонебезпечних робіт потрібно застосовувати засоби механізації;

- для забезпечення безпеки під час обслуговування обладнання повинні дотримуватися розриви безпеки та габаритні розміри при його розміщенні. Відразу ж після одержання повідомлення про майбутню комплексну перевірку стану умов та охорони праці необхідно провести ретельну внутрішню перевірку дотримання усіх вимог, приділивши особливу увагу безпечній експлуатації вантажопідйомних машин і механізмів, посудин, що працюють під тиском (чи дотримуються терміни проведення їхнього технічного опосвідчення, оглядів, чи є на них відмітки про їхнє проведення), пам'ятаючи, що:

- повне технічне опосвідчення вантажопідйомних механізмів проводиться не рідше одного разу на 3 роки;
- періодичні огляди ВПМ відповідно до системи планово-попереджувального ремонту (зазвичай один раз у 10 днів);
- опосвідчення лебідок – не рідше одного разу на рік;
- повне опосвідчення кран-штабелерів – не рідше одного разу на 3 роки;
- динамічні випробування вантажопідйомної частини електронавантажувачів і автонавантажувачів – не рідше одного разу на рік;
- періодичні огляди елеваторних стелажів – не рідше одного разу на 6 місяців;
- внутрішній огляд посудин, що працюють під тиском, – не рідше одного разу на 2 роки технічним персоналом підприємства;
- огляди переносних ацетиленових генераторів – не рідше одного разу на рік. Якщо під час внутрішньої перевірки виявлено порушення, необхідно, за можливості, максимально усунути виявлені порушення до початку комплексної перевірки [33].

4.3. Висновок до розділу 4

У четвертому розділі охорона праці розглянуті такі питання як, проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів. Досліджено підвищення стійкості об'єктів радіотехнічної галузі у воєнний час. Підвищення стійкості об'єкта досягають посиленням найбільш слабких елементів і ділянок об'єкта. Для цього на об'єкті завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі здійснюється обґрунтування методу використання системи антиобледеніння антени.

У першому розділі було проведено дослідження впливи обледеніння на конструкції антен, види обмерзання антен, топографічні впливи на конструкції антен, теоретичне моделювання обледеніння

У другому розділі проаналізовано систему антиобледеніння серій IF-P, систему антиобледеніння серій IF-K, систему антиобледеніння серій IF-C, пристрій протиобмерзання і термостабілізації антенних конрукцій.

У третьому розділі проведений аналіз системи антиобледеніння антен Environmenta Technology, максимізація тривалості роботи супутникової мережі AdWavez Marketing, усунення погіршення сигналу діапазону Ka.

У четвертому розділі описано забезпечення безпеки життєдіяльності підприємств радіотехнічної галузі у воєнний час. Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів.

В даній системі відбувається циклічний обдув повітрям (тепле, холодне) окремих вузлів в залежності від температурного середовища, в якому на даний момент часу знаходиться антенна система. Механічний захист рефлектору відбувається на основі стандартних підходів. В роботі обґрунтованні та систематизовані результати дослідження впливу погодних умов на фазові характеристики сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.satis-tl.ru/products/oborudovanie-zemnykh-stantsiy-vympel/komplekt-2.antiobledeneniya-antennogo-posta-3-5-m/>
3. <http://www.gabris.kiev.ua/Price/AntiFr.pdf>
4. <https://revolution.allbest.ru/radio/d00353313.html>
5. <https://www.bibliofond.ru/download.aspx?id=514265>
6. <http://www.ifsystems.ru>
7. <http://www.ifsystems.ru/if-p.htm>
8. <http://www.ifsystems.ru/if-k.htm>
9. <http://www.ifsystems.ru/if-m.html>
10. <https://www.satis-tl.ru/products/oborudovanie-zemnykh-stantsiy-vympel/komplekt-obledeneniya-antennogo-posta-2-4-m/>
11. <http://vsatantenna.ru/10-1-de-icing-system/>
12. https://yandex.ru/patents/doc/RU2192074C2_20021027
13. <https://www.shs-ltd.com/antenna-de-ice-systems/>
14. <http://sky-brokers.com/home/products/antennas/antenna-de-icing-systems>
15. <http://milsatmagazine.com/story.php?number=686624087>
16. <http://www.satmagazine.com/story.php?number=2058631290>
17. <https://knowledge.allbest.ru/life/d2c0a65635a3bd68a5c53b88521216c37.html>
18. <https://studfiles.net/preview/5226642/page:3/>
19. https://pidruchniki.com/16850303/bzhd/rozsliduvannya_oblik_avariy
20. https://studopedia.com.ua/1_56124_provedennya-derzhavnogo-naglyadu-za-ohoronoyu-pratsI-vidi-ta-osnovnI-parametri-provedennya-naglyadovih-zahodIv.html

ДОДАТКИ

Діапазони частот згідно класифікації ІТЕЕ

Діапазони частот		
Назва	Частотний діапазон, ГГц	
Назва діапазону	Діапазон частот РЛС	Діапазон частот в супутниковому зв'язку
L		1,0 – 2,0
S		2,0 – 4,0
C	4,0 – 8,0	4,0 – 7,0
X	8,0 – 12,0	7,0 – 10,7
Ku	12,0 – 18,0	10,7 – 18,0
K	18,0 – 26,5	18,3 – 20,2; 27,5 – 31,5
Ka	26,5 – 40,0	

УДК 621.365.9

Сокола Д.Я., студент - магістр кафедри радіотехнічних систем,
Черній В.В., магістр, провідний спеціаліст Держспецзв'язку України
Химич Г.П., науковий керівник, ст. викл.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ АНТИОБЛЕДЕНІННЯ ДЗЕРКАЛЬНОЇ ПАРАБОЛІЧНОЇ АНТЕНИ.

Sokola D., student - master of the department of radio engineering systems,
Cherniy V., master, leading specialist of the State Special Communications of Ukraine
Khymych G., scientific supervisor, senior lecturer
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

JUSTIFICATION OF THE METHOD OF USING DE-ICING SYSTEM MIRROR PARABOLIC ANTENNA.

Анотація: розглянуто особливості передумов, на основі яких створюють автоматизовані системи проти обледеніння в дзеркальних параболічних антенах і системах. Описано один із методів, на основі якого створюється термостабільна антенна система для роботи у різних кліматичних зонах та районах. Приведено результати досліджень.

Ключові слова: система проти обледеніння, антена дзеркальна параболічна, інтелектуальні сенсори.

Кліматичні зміни у світовому мірилі призводять до перегляду концепцій, підходів до створення різних систем, особливо до тих, які є безпековими та життєво необхідними. До цієї категорії можна віднести телекомунікаційні мережі та системи зв'язку, передачі даних. Враховуючи те, що телекомунікаційні системи (наземні, супутникові, підводні) є основними первинними мережами інформаційного світового простору і від яких залежить життєдіяльність та безпека соціуму, то це накладає підвищений рівень відповідальності, стабільності роботи, передачі у повному обсязі та цілковитій достовірності інформації до всіх користувачів різних напрямів функціонування. Один із основних напрямів телекомунікаційних напрямів – супутниковий зв'язок та передача даних, який бере свій початок в кінці 50-их, на початку 60-их років ХХ століття. Враховуючи те, що кілька світових компаній (OneWeb (Велика Британія), SpaceX (США), [Google](#) (США), [Samsung](#) (Південна Корея), [Facebook](#) (США), Fidelity, Boeing, Apple та ін.) заявили про впровадження протягом (2019 – 2025) років глобального супутникового Інтернету на основі низьколітаючих ШСЗ, а компанія SpaceX Ілона Маска (Elon Musk) [1] вже частково виконала програму у проекті Starlink першої черги завдання з запуску понад 700 низьколітаючих штучних супутників Землі (ШСЗ), наземний та космічний сегменти систем зв'язку переходять на новий рівень створення систем з прийому, передачі даних, контролю, телеметрії як ШСЗ так і наземних комплексів.

Використання та надійне функціонування наземної інфраструктури систем прийому-передачі даних, які будуть розміщатись по всій земній кулі, в різних кліматичних зонах, повинно ґрунтуватись на таких принципах, як: надійність, інноваційність, термостабілізація систем, завадозахищеність, електромагнітна сумісність, технологічність, стабільність параметрів. На теперішній час багато супутникових комплексів наземного базування надійно функціонують, які обслуговують кілька тисяч ШСЗ на різних навколосемних орбітах, але впровадження нових високошвидкісних технологій передачі даних 4G, 5G і в подальшому

6G накладає на виробників та експлуатаційних операторів додаткові вимоги, особливо кліматичного та механічного (вітрові навантаження) аспектів.

Враховуючи збільшення різного роду кліматичних катаклізмів, необхідно максимально забезпечити термостабілізацію антенної системи. В основному в таких системах використовують дзеркальні параболічні антени або їх модифікації.

Є міжнародні компанії, які займаються системами антиобледеніння антен. Один із недоліків таких методів полягає в тому, що системи не є універсальними і не мають можливості термостабілізувати окремі вузли антенної системи (рефлектор, опромінювач, антенно-хвилевідна система, субрефлектор, підсилювач, конвертор, повертальні привідні механізми за Az та El) як при мінусових - (0 – 45)°C так і при плюсових температурах + (25 – 55)°C, а також при добовому змінному циклі температур, особливо у пустині.

Запропонований метод полягає в тому, що відбувається циклічний обдув повітрям (тепле, холодне) окремих вузлів в залежності від температурного середовища, в якому на даний момент часу знаходиться антенна система. Механічний захист рефлектору відбувається на основі стандартних підходів, рис.1.

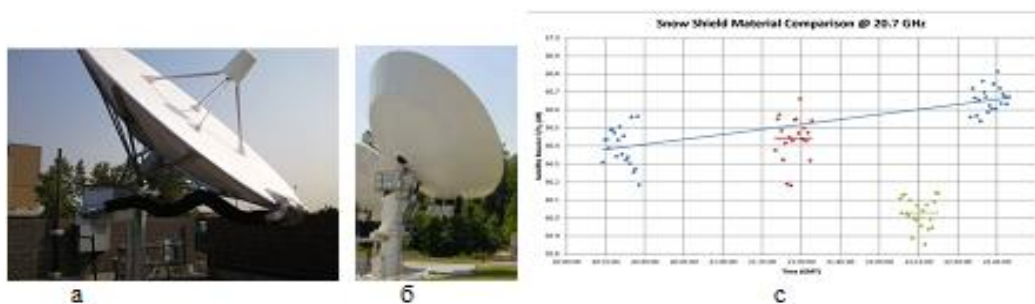


Рисунок 1. Варіант захисту рефлектору (а,б) антени (9м), с – графік залежності C/N від зміни часового циклу, фірма W. B. Walton Enterprises, Inc., США.

На рисунку 1, с показаний графік аналізу розбіжності характеристик антенної системи C/N на частотному діапазоні 20,7 GHz при зміні часового циклу.

Структурна схема запропонованого методу термостабілізації антенної системи показана на рис.2.

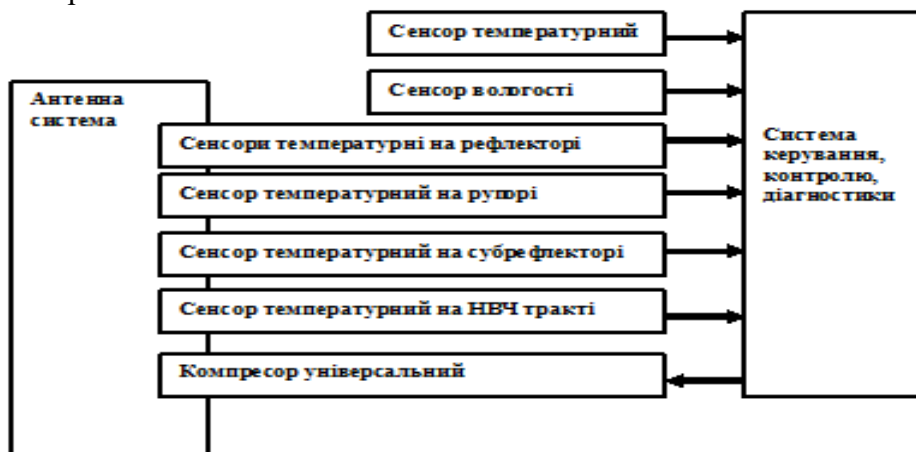


Рисунок 2. Структурна схема методу термостабілізації антенної системи.

Література.

1. Г.Химич, В.Дунець. Супутникові системи телекомунікацій на основі технологій 4G - 5G. Збірник тез Міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження), (28-30).09.2020, м. Тернопіль, (106-107) л.

2. ОБЛЕДЕНІННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВНАСЛІДОК АТМОСФЕРНОГО ВПЛИВУ (ISO 12494:2001, IDT), ДСТУ Б ISO 12494:201X.