30. **19.** *Шакина Н. П.* Блокирующие антициклоны: Современное состояние исследований и прогнозирования / Н. П. Шакина, А. Р. Иванова // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 11. – С. 5–18. **20.** Шевченко О.Г. Характеристика хвилі тепла літнього сезону 2010 року на території України //Наукові праці УкрНДГМІ. – 2012. – Вип. 262. – С. 59–70. **21.** www // meteo.gov.ua

Вовк І. І., Щербань І. М. **Особливості режиму екстремальних температур повітря на сході України.** Визначено багаторічну мінливість кількості днів з високою температурою повітря для метеорологічних станцій сходу України. Проведено порівняння зміни числа днів з максимальною добовою температурою повітря понад 30 та 35^0 С за останні 20 років з кліматологічною стандартною нормою. Побудовані графіки щорічних змін числа днів з високою температурою повітря протягом літнього сезону. Виявлено роки з аномальними температурами повітря.

Ключові слова: максимальна температура повітря,екстремальна температура повітря, число днів з високою температурою повітря.

Vovk I.I., Scherban I.M. **Mode features extreme air temperatures in the East of Ukraine**. Long-term variability of the number of days with high air temperature for meteorological stations of eastern Ukraine were defined. Comparison of changes in the number of days with maximum daily air temperature above 30 C and 35^0 C over the last 20 years with climatological standard rate. Schedules of annual change in the number of days with high air temperature during the summer season are constructed. The years with abnormal air temperatures were identified.

Keywords: maximum air temperature, extreme air temperature, number of days with the high air temperature.

Вовк И. И., Щербань И. М. **Особенности режима экстремальных температур воздуха на востоке Украины**. Определена многолетняя изменчивость количества дней с высокой температурой воздуха для метеорологических станций востока Украины. Проведено сравнение изменения числа дней с максимальной суточной температурой воздуха выше 30 и 35° С за последние 20 лет с климатологических стандартной нормой. Построены графики ежегодных изменений числа дней с высокой температурой воздуха в течение летнего сезона. Выявлены годы с аномальными температурами воздуха.

Ключевые слова: максимальная температура воздуха, экстремальная температура воздуха, число дней с высокой температурой воздуха.

Надійшла до редколегії 03.12.2014

УДК 551.508.9+551.553

Федоренко Я. Б.
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

АНАЛІЗ СИСТЕМИ СПОВІЩЕННЯ ПРО ЗСУВ ВІТРУ НА МАЛИХ ВИСОТАХ (LLWSAS)

Ключові слова: зсув вітру, авіаційна подія, система сповіщення про зсув вітру на малих висотах

Актуальність питання. Метеорологічні умови польоту на малих висотах мають ряд особливостей, врахування яких необхідне для успішного виконання льотного завдання. Для формування погодних умов на малих висотах важливим є вплив підстилаючої поверхні, рельєфу, мікрорельєфу та топографії місцевості, тертя в приземному шарі, вплив місцевих особливостей району, добового та річного ходу метеорологічних величин. [5]

Знання особливостей метеорологічних умов району польотів, аналіз метеорологічних умов перед вильотом, вміння своєчасно оцінювати

метеорологічну ситуацію, що склалася під час польоту та приймати оптимальні рішення забезпечують безпеку польотів за метеорологічними умовами та ефективність виконання завдань.[1]

Одним з важливих метеорологічних явищ, яке заслуговує уваги є зсув вітру (ЗВ).

Питання зсуву вітру, як однієї з найголовніших проблем, які впливають на зліт та посадку повітряних суден (ПС), вперше став предметом спеціального обговорення на міжнародному рівні під час засідань третьої та четвертої сесій Комісії по авіаційній метеорології Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО), які проходили разом з конференціями по аеронавігації Міжнародної організації цивільної авіації (ИКАО) в 1964 р. в Парижі та в 1967 р. в Монреалі. В документах засідань відмічається, що при виконанні польоту на низьких висотах під час заходу на посадку та після відриву під час зльоту для ПС є небезпечними різкі зміни швидкості та напряму вітру в приземному шарі атмосфери, які спостерігаються на невеликих по траєкторії руху ПС. Поступові зміни вітру в просторі й часі пілот компенсує дією рулів та сектором тяги ПС. Але при різких змінах швидкості та напряму вітру вздовж траєкторії руху керування ПС ускладнюється, адже ці зміни можуть відбуватися швидше ніж пілот встигне їх компенсувати. В результаті чого можуть виникати небажані відхилення від заданої траєкторії руху, які є небезпечними в зв'язку з близькістю поверхні землі. [1]

Метою даної роботи є огляд обладнання, яке було створене для виявлення та виміру ЗВ на малих висотах.

Виклад основного матеріалу. В світовій льотній практиці зареєстровано ряд авіаційних подій, які сталися в районі аеродрому під час зльоту, посадки або польоту ПС на низьких висотах, причиною виникнення яких був ЗВ. [2]

ЗВ – різниця векторів в двох точках простору, по відношенню до відстані між цими точками. ЗВ є векторною величиною й відображає зміну швидкості й напряму вітру між точками. [4]

Важливе значення дослідження зсуву вітру (ЗВ) для авіації полягає в його дії на льотні характеристики повітряних суден (ПС) та, як наслідок, в потенційно небезпечному впливі на польоти. Хоча ЗВ в атмосфері спостерігається на всіх висотах, його наявність на висоті 500 м. (1600 фут) особливо важлива для ПС, які виконують зліт та посадку. На етапах початкового набору висоти та заходу на посадку значення повітряної швидкості та відносна висота ПС наближені до критичних, в результаті чого ЗВ особливо впливає на ПС. Реакція ПС на ЗВ є надзвичайно складною й залежить від багатьох факторів, які включають в себе тип ПС, етап польоту, масштаби впливу ЗВ відносно розмірів ПС, інтенсивність та тривалість дії ЗВ на ПС.

Вплив ЗВ на політ літака можна оцінити, розглянувши формулу підйомної сили крила Y при усталеному русі:

$$Y = C_y \frac{\rho V^2}{2} \times S,$$

де: Y - коефіцієнт підіймальної сили, ρ - густина повітря, S – площа крила, V – повітряна швидкість літака [3].

В списку експлуатаційних вимог вказано, що пілоти повинні забезпечуватися інформацією про ЗВ на малих висотах. Джерелом цієї інформації можуть бути результати спостережень (з землі чи з повітря) або прогноз. Оперативне виявлення та спостереження ЗВ на малих висотах в реальному часовому масштабі продовжує залишатися однією з найсерйозніших проблем авіаційної метеорології. Зважаючи на те, що для спостереження або виявлення чи виміру ЗВ

потрібно спостерігати за змінами всіх трьох складових вітру по траєкторіям початкового набору висоти та заходу на посадку, стають зрозумілими труднощі, з якими пов'язана розробка відповідного обладнання дистанційного виявлення, призначеного для цих цілей. [8]

Але положення покращується й розробка обладнання дистанційного виявлення як бортового (допплерівський ЛІДАР), так й наземного (допплерівські РЛС), досягла такої стадії, що це обладнання може бути використане для дослідження проблем ЗВ. Що стосується наземного обладнання, то на даний момент методологія його використання ще недостатньо оброблена, а саме обладнання матеріально затратне, щоб його можна було використовувати на аеродромах. Та незважаючи на це, доводиться звертатися до непрямих способів спостереження, з ціллю виявлення й, де це можливо, вимірювання інтенсивності ЗВ [7].

Система оповіщення про ЗВ на малих висотах Low Level Windshear Alert System (LLWSAS) складається з певної кількості датчиків приземного вітру, які розміщені в стратегічних точках по периметру аеродрому та датчику в центрі льотного поля, блоки мікропроцесорів та дисплеїв, які безперервно контролюють та порівнюють різницю векторів приземного вітру за даними спостережень між точками периметру та центру льотного поля. Датчики в точках периметру вимірюють поточні дані вітру й роблять запит до центрального блоку керування кожні 10 секунд. Датчик в центрі льотного поля видає осереднене за 2 хвилини поточне значення приземного вітру в якості контрольного, з яким порівнюються значення приземного вітру в точках периметру.

Дисплеї знаходяться в приміщенні органів управління повітряним рухом (УПР) та постійно показують приземний вітер в центрі поля й, в залежності від швидкості вітру, фактор пориву. Блок керування безперервно порівнює дані вітру по периметру з даними в центрі поля й, якщо різниця векторів між ними перевищує значення 15 вузлів, значення вітру по периметру також відображається й вмикається звукова й візуальна сигналізація. Диспетчер має можливість будь-коли викликати на екран показники вітру від одного або від всіх датчиків периметру. (Рис. 1)

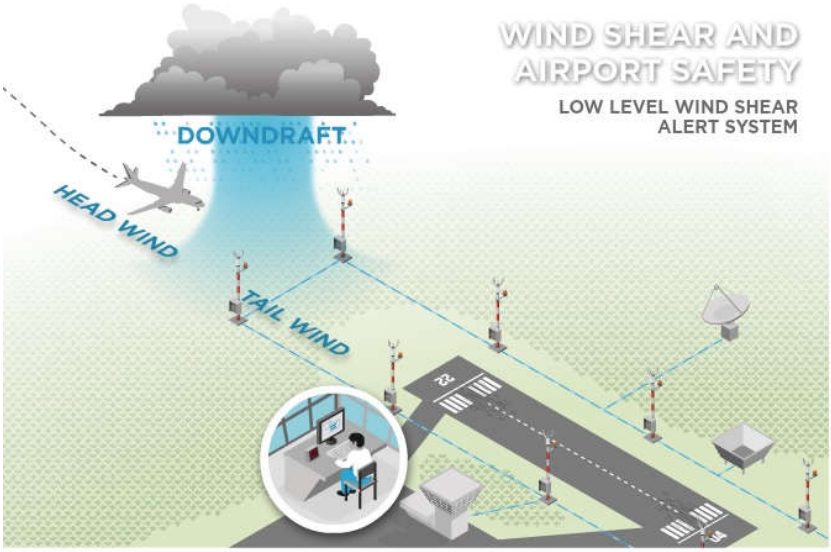

Рис. 1 – **Принцип дії системи LLWSAS**

LLWSAS була розроблена й встановлена після ряду авіаційних подій, які мали місце в середині 70-х років, і в наш час функціонує на більш ніж 100 аеродромах США. Спочатку дана система була призначена для виявлення

фронтів поривчастості при перетині ними периметру аеродрому й в цьому відношенні система працює добре. Але в процесі подальших досліджень ЗВ на малих висотах, пов'язаних з конвективною хмарністю, стало зрозуміло, що фронти поривчастості лише частина проблеми, головною ж проблемою, швидше за все, є явища, які передують фронту і спостерігаються над поверхнею землі. Це пориви та мікропориви. В цьому відношенні система LLWSAS має обмежені можливості, оскільки може виявляти горизонтальний ЗВ лише на рівні землі, що заважає визначити ЗВ вздовж глісади або траєкторії зльоту. Система має таку роздільну здатність, що мікропориви можуть спостерігатися між двома датчиками периметра й жоден з них не зафіксує його.

Й все ж в певних випадках, не зважаючи на ці обмеження, система LLWSAS виявляє ЗВ і, мабуть, є єдиною робочою системою в наш час. Щоб вдосконалити систему LLWSAS, треба збільшити кількість датчиків й підвищити частоту запитів до центрального блоку. Перша система LLWSAS нового покоління була встановлена та випробувана в міжнародному аеропорті Новий Орлеан.

В системі використовують анемометри. Для досягнення максимальної результативності запропоновано замінити механічні анемометри на звукові. Нові датчики мають набагато більшу надійність та ремонтопридатність. (Рис. 2)

Рис. 2 – **Анемометр системи LLWSAS**

Хоча творці даної системи й стверджують, що вона має точність 90%, але є шляхи для покращення точності й стабільності LLWSAS. Датчики можуть отримувати сигнали викликані поривами вітру, також на якість інформації може впливати не репрезентативне розташування обладнання, екранування перешкод. Датчик може продовжувати відправляти неточні дані на головний модуль після збоїв.

З початку існування системи вона пережила три оновлення. Та на більшості аеродромах де вона введена, використовується стара модель LLWSAS. Це пов'язано з великими затратами на її встановлення та підтримання її коректного функціонування. Модернізовані системи LLWSAS застосовуються на тих аеродромах, де повторюваність ЗВ найвища. [9]

Датчики атмосферного тиску (наприклад мікробарографи) також були використані в якості приладів, які було встановлено по периметру, щоб виявляти «стрибки тиску», що пов'язані з більш холодним повітрям фронтів поривчастості. В деяких випадках прилади виявляли наближення фронту поривчастості на три хвилини раніше за датчики приземного вітру.

Були, також, випробувані комбіновані датчики приземного вітру та атмосферного тиску. Випробування дали позитивні результати. Ця інформація може бути використана для розширення можливостей системи LLWSAS. [6]

Висновки. Питання про визначення зсуву вітру є важливим в світовій практиці. Воно має прямий вплив на безпеку авіаційних перевезень. Був проведений аналіз системи сповіщення про зсув вітру на малих висотах. Розглянуто принцип роботи системи LLWSAS. Розглянута система має певні недоліки для коректного спостереження за зсувом вітру. Але спеціалісти займаються її постійним вдосконаленням.

Список літератури

1. *Васильев А. А.* Сдвиги ветра, турбулентность и вертикальные потоки в нижнем слое атмосферы, влияющие на взлет и посадку воздушных судов / А. А. Васильев, В. Г. Васильев. – Л. : Гидрометиздат, 1979. – 31 с. **2.** Оповищения о сильных сдвигах ветра в районе аэродрома. Методическое пособие для синоптиков АМСГ, АМЦ, ЗАМЦ и ГАМЦ / сост. В. Г. Глазунов. – Л. : Гидрометиздат, 1983. – 29 с. **3.** *Лещенко Г. П.* Авиационная метеорология : ученик / Г.П. Лещенко. – Кировоград : Изд-во КЛА НАУ, 2012. – 332 с. **4.** *Шметер С. М.* Влияние мезометеорологических процессов в нижней тропосфере на условия полетов воздушных судов на малых и средних высотах : справ.пособие для метеорологов АМСГ, АМЦ, летного и диспетчер. состава гражд. авиации / Шметер С. М., Постнов А. А., Безрукова Н. А. ; Госком СССР по гидрометеорологии, Центр. аэрол. Обсерватория. – М. : Гидрометиздат, 1988.– 50 с. **5.** Метеорологические условия полетов воздушных судов на малых высотах. Пособие для метеорологов АМСГ, АМЦ, ЗАМЦ, ГАМЦ и для летного и диспетчерского состава гражданской авиации / под ред. Васильева А. А. и Рубинштейна М. В. – Л. : Гидрометиздат, 1983. – 87 с. **6.** Сдвиг ветра. Циркуляр ИКАО 186 – AN/122. – Монреаль: МОГА, 1986. – 190 с. **7.** www.atc-magazine.kz **8.** www.icao.int 9.www.skybrary.aero/index.php/Low_Level_Wind_Shear_Alert_System_(LLWAS).

Федоренко Я.Б. **Аналіз системи сповіщення про зсув вітру на малих висотах.** У статті розглянуто принцип роботи системи сповіщення про зсув вітру на малих висотах.

Ключові слова: зсув вітру, авіаційна подія, система сповіщення про зсув вітру на малих висотах.

Fedorenko Y. **Analysis of the Low Level Windshear Alert System.** The article describes the working principle of the Low Level Windshear Alert System.

Keywords: wind shear, accident, Low Level Windshear Alert System.

Федоренко Я. Б. **Анализ системы оповещения о сдвиге ветра на малых высотах.** В статье рассмотрен принцип работы системы оповещения о сдвиге ветра на малых высотах.

Ключевые слова: сдвиг ветра, авиационное происшествие, система оповещения о сдвиге ветра на малых высотах.

Надійшла до редколегії 17.11.2014