

УДК 629.52.7

О.А. Машков¹, Р.Р. Мусін², Г.Г. Пилипович³¹ Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ² Гідрометеорологічна служба Збройних Сил ГУОЗ Збройних Сил України, Київ³ Національний авіаційний університет, Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЧЕРГОВОГО МЕТЕОРОЛОГА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ СИНОПТИКА

Проведено аналіз досвіду метеорологічного забезпечення польотів авіації; запропоновано інструмент опрацювання прогностичних даних та розробки рекомендацій для чергового метеоролога щодо метеорологічного забезпечення польотів авіації Збройних Сил України

Ключові слова: прогноз погоди, прогностичні карти, прогностичні центри, аерологічна діаграма, супутниковий знімок, вертикальний градієнт температури, метеорологічна інформація.

Вступ

Оптимізація роботи чергового метеоролога повинна передбачати низку певних заходів із мінімізації людського фактора в ланцюзі “спостереження – обробка – прогнозування – передача – доведення до споживача фактичної та прогностичної метеорологічної інформації”. Наказом Державної гідрометеорологічної служби від 28.10.2010 р. № 60 затверджено “Вимоги до підготовки авіаційного метеорологічного персоналу”, що були розроблені з метою встановлення основних принципів освіти, підготовки і кваліфікації авіаційного метеорологічного персоналу в Україні. Згідно з цим документом робота в технічних напрямках діяльності, пов’язаних із приладами, спостереженнями й вимірами, обробкою, аналізом і передачею даних, все більше стає автоматизованою, а метеорологи повинні бути знайомі з основними методами спостережень і приладами, використовувати комп’ютерні пристрої, програми обробки і розповсюдження даних. В перелік загальних та спеціальних навиків аналізу та прогнозу погоди, якими повинні володіти метеорологи, входить така навичка: знати й уміти застосовувати технології використання різних виробничих автоматизованих систем, комплексів, автоматизованих робочих місць (далі – АРМ), технологій обробки, відображення та розповсюдження даних.

З урахуванням сучасних вимог до знань та компетентності метеоролога, що обслуговує польоти авіації, використання спеціалізованого програмного забезпечення вже не може обмежуватися виключно завантаженням, відображенням та попередньою обробкою фактичної метеорологічної інформації. Швидко зростають обсяги доступних прогностичних даних [9], що визначає нові завдання для чергового метеоролога та водночас спрямовує розробників спеціалізованого програмного забезпечення в бік подальшого вдосконалення алгоритмів опрацювання прогностичних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [2, 3]. У числі вітчизняних вчених визнаним фахівцем із питань оптимізації метеорологічного забезпечення польотів є Солонін С.В., який доклав багато зусиль у цій царині. Прикладом успішної розробки програмного забезпечення для метеоролога можна вважати Digital Atmosphere, що використовується у ВПС та ВМС США, а також у багатьох цивільних організаціях США та Європи. В Україні над цими завданнями успішно працює Михайловський В.В., який впровадив у сучасну оперативну практику унікальну вітчизняну розробку – АРМ синоптика [1].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В оперативній практиці метеорологічних підрозділів Збройних Сил України використовуються розрахункові методи прогнозу небезпечних явищ погоди, які дозволяють метеорологу на основі доступних фактичних (прогностичних) метеоданих визначити на найближчі декілька годин (добу) ті чи інші метеовеличини, явища погоди.

У діючій нормативно-технічній документації з використання прогностичних даних графічний формат вже не має колишнього пріоритетного значення. Це пояснюється тим, що одна карта, як правило, може містити обмежену інформацію (для одного строку, для одного рівня або прошарку атмосфери, обмежену кількість метеорологічних величин для обмеженої території земної кулі). Внаслідок цього графічний формат перестав бути універсальним, а сфера його застосування постійно звужується. Відбулася певна трансформація функцій великих прогностичних центрів та оперативних прогностичних організацій: метеоролог більше не отримує великої кількості “готових” прогностичних карт, натомість йому надсилають “напівфабрикат” (прогностичні дані), а карту він повинен створювати на свій розсуд за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. В якості такого “напівфабрикату” найчастіше виступають прогностичні дані GRIB [4].

GRIB (General Regularly-distributed Information in Binary form) – це математичний формат стиснутих даних, що використовується в метеорології для зберігання прогностичних даних про погоду. GRIB є бінарним кодом, тобто чисельні дані кодуються як послідовність бітів – двійкових чисел (нулів та одиниць), які в свою чергу об'єднані в октети (1 октет = 8 бітів). Дані в форматі GRIB неможливо переглянути за допомогою звичайного текстового редактора, вони призначені виключно для автоматичної обробки та візуалізації з використанням спеціалізованого програмного забезпечення [4]. Незважаючи на це, представлення даних за допомогою серії бітів не залежить від конкретного машинного представлення. Отже, характеристики комп'ютера не впливають на вміст самих даних GRIB та на результати їх декодування.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є визначення інструментів опрацювання прогностичних даних та розробка рекомендацій для чергового метеоролога щодо застосування цих даних для метеорологічного забезпечення польотів авіації Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу

В якості спеціалізованого програмного забезпечення для опрацювання прогностичних даних GRIB й їх використання для подальшого аналізу класичними синоптичними методами доцільно використовувати АРМ синоптика [1] (від вітчизняного розробника), котре у відповідності до потреб і нових завдань у майбутньому може бути модифіковане, що в свою чергу зменшує залежність України від імпорту в галузі інформаційних технологій (ІТ).

АРМ синоптика дозволяє обробляти прогностичні дані GRIB від різних чисельних моделей. До переліку доступних даних входять прогнози від моделей UM та NAVGEM. Вказані чисельні моделі є одними з найбільш відомих, їх часто застосовують в оперативній практиці. Нижче наведено скорочений опис цих моделей.

UM (Unified Model) – це глобальна модель, що створена та використовується в Метеорологічному бюро Сполученого Королівства (Ексетер) [10]. Вона розробляє прогноз на 144 години (6 діб). Горизонтальна роздільність моделі складає 25 км, а вертикальна – 70 рівнів (верхня межа дорівнює приблизно 80 км). Для обчислень модель використовує методи кінцевих різниць. Вертикальною координатою є висота. В якості вихідних даних для чисельного прогнозування погоди використовуються дані метеозондів, метеосупутників, наземних метеостанцій, морських буїв, радарів, вітрових профілеметрів, комерційних літаків, а також результати моделювання від попередніх прогонів моделі.

В АРМ синоптика прогностичні дані від моделі UM згадуються як “Прогнози по GRIB Брекнелл”.

NAVGEM (Navy Global Environmental Model) – це глобальна модель з чисельної метеорології та океанографії, що створена та використовується в Центрі Військово-морського флоту (Монтерей, Каліфорнія, США). Модель NAVGEM, якою було замінено попередню модель NOGAPS, запроваджено у лютому 2013 р. Вона розробляє прогноз на 180 годин із 3-годинними інтервалами. Горизонтальна роздільність моделі складає 37 км, а вертикальна – 50 рівнів. Під час обчислень модель використовує спектральні методи для горизонтального виміру та методи кінцевих різниць для вертикального виміру. Вертикальною координатою є гібридна координата (в тропосфері використовується сигма-координата, а вище, де вплив рельєфу незначний, координата тиску). Засвоєння вихідних даних здійснюється шляхом чотиривимірного варіаційного аналізу. В АРМ синоптика посилення на прогностичні дані моделі NAVGEM мають вигляд “Прогнози по GRIB NOAA (США)”. Короткострокове прогнозування хмарності та видимості потребує точної оцінки адвективних і трансформаційних змін метеовеличин. Отримання таких оцінок за допомогою синоптичного методу відбувається поетапно і супроводжується побудовою зворотних траєкторій. Недоліком такого методу є не дуже висока якість результатів та порівняно великі витрати часу на обчислення. Наявність прогностичних даних із великою часовою дискретністю у поєднанні з можливістю швидкої візуалізації спрощує задачу.

Для складання авіаційного прогнозу погоди для аеродрому потрібно здійснити збір та систематизацію метеорологічної інформації для основних ізобаричних поверхонь (925, 850, 700, 500 гПа) на прогностичні строки, наприклад 6, 12, 18, 24, 36, 48 годин, починаючи від 00 UTC поточної доби. Прогностичні дані GRIB відносяться до вузлів регулярної сітки, тому необхідно виконувати інтерполяцію значень метеовеличин із найближчих вузлів до пункту аеродрому, використовуючи значення та нанесені ізолінії. Отримані прогностичні значення метеовеличин оформлені у вигляді табл. 1. Опрацьовуються наступні метеовеличини: T – температура, f – відносна вологість, H – геопотенціальна висота, D – дефіцит точки роси, T_d – температура точки роси, $(\Delta T)_{пр} = T_{пр} - T_{00}$ – прогностична зміна температури, $(\Delta T_d)_{пр} = (T_d)_{пр} - (T_d)_{00}$ – прогностична зміна температури точки роси (індекс «00» мають значення за строк 00 UTC, індекс “пр” відноситься до значень за будь-який інший строк). Значення T_d можна визначити за психрометричними таблицями (за значеннями T і f). За зразком таблиці заповнюються бланкові форми для основних ізобаричних поверхонь: 925, 850, 700, 500 гПа. За отриманими даними формулюється точний висновок про характер змін метеовеличин над аеродромом у найближчі 2 доби.

Прогностичні значення метеовеличин для аеродрому Бориспіль (станом на 15.00 7.11.2013)

Метеовеличина	Прогностичні значення метеовеличин для визначених строків (в годинах UTC)						
	00	06	12	18	24	36	48
Ізобарична поверхня 850 гПа							
T, °C	5,4	5,2	5,1	4,8	4,9	5,2	5,0
f, %	100	99	96	92	88	94	95
H, дам	154	156	156	157	157	158	158
T _d , °C	5,4	5,1	4,8	4,3	4,0	4,8	4,8
D = T - T _d , °C	0	0,1	0,3	0,5	0,9	0,4	0,2
(ΔT) _{пр} = T _{пр} - T ₀₀ , °C	0,1	0,4	0,6	0,8	1,2	0,9	0,6
(ΔT _d) _{пр} = (T _d) _{пр} - (T _d) ₀₀ , °C	0,2	0,2	0,4	0,6	0,5	0,4	0,2

АРМ синоптика також надає можливість побудувати прогностичну аерологічну діаграму (далі – АД) для аеродрому (або метеорологічної станції). Для цього використовуються дані моделі NAVGEM у поєднанні з прогностичними приземними даними регіональної моделі УкрГМЦ. Прогнозування верхньої межі хмарності викликає певні труднощі навіть у досвідченого метеоролога. Ефективним засобом вирішення цієї задачі може бути використання оцифрованих інфрачервоних супутникових знімків хмарності у поєднанні із прогностичними даними.

Алгоритм визначення верхньої межі хмарності складається з двох етапів.

На першому етапі використовується знімок хмарності, на якому нанесена температура верхньої межі хмар. За допомогою цього зображення визначається величина температури у потрібному пункті або діапазон змін температури над певним районом.

На другому етапі потрібно встановити, як змінюється температура з висотою, тобто отримати вертикальний профіль температури. Використання фактичних даних, наприклад даних радіозондування, дозволяє знайти точку перетину ізотерми (для отриманого значення температури на верхній межі хмарності) із кривою стратифікації. Висота цієї точки є висотою верхньої межі хмар. При відсутності фактичних даних, використовуються прогностичні аерологічні діаграми, які необхідно будувати для потрібного району та для того ж строку (або найближчого), за який аналізується супутниковий знімок.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДЕЖУРНЫХ МЕТЕОРОЛОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИМИ СИНОПТИКИ

О.А. Машков, Р.Р. Мусин, Г.Г. Пилипович

Проведен анализ опыта метеорологического обеспечения полетов авиации; предложен инструмент обработки прогностических данных и разработки рекомендаций для очередного метеоролога по метеорологическому обеспечению полетов авиации Вооруженных Сил Украины

Ключевые слова: прогноз погоды, прогностические карты, прогностические центры, аэрологическая диаграмма, спутниковый снимок, вертикальный градиент температуры, метеорологическая информация.

OPTIMIZATION OF WORK STAND-BASED METEOROLOGY FORECASTERS WORKERS

O.A. Mashkov, R.R. Musin, H.H. Pilipovic

The analysis of the experience of meteorological service for aviation; proposed prognostic data processing tools and guidance for the next Meteorology Meteorological Operational Ukrainian Armed Forces Aviation

Keywords: weather forecast, prognostic maps, forecasting centers, upper-air chart, satellite image, vertical temperature gradient, meteorological information.

Висновки

На підставі проведеної роботи можна зробити такі висновки.

1. Виконано порівняльний аналіз доступних прогностичних даних від двох постачальників.

2. Проведено заходи з випробування функціональних можливостей існуючого програмного забезпечення, що використовується для потреб метеорологічного забезпечення авіації.

3. Визначено алгоритм дій чергового метеоролога для побудови прогностичних карт баричної топографії, розрахунку часових змін метеовеличин, побудови прогностичних аерологічних діаграм та визначення верхньої межі хмарності.

Список літератури

1. Автоматизированная система обработки оперативной гидрометеорологической информации (ГИС ГИДРОМЕТ). АРМ синоптика. Инструкция по эксплуатации. – К.: ГНПП «Спецавтоматика», 1999. – 25 с.

2. Digital Atmosphere. Meteorological Analysis Software. User Manual. – Edition 001. May 27, 2007. – Texas, Garland: Weather Graphics Technologies, 2007. – 165 p.

3. Staniforth A., Wood N. Aspects of the dynamical core of a nonhydrostatic, deep-atmosphere, unified weather and climate-prediction model // J. Comput. Phys. – 2008. – Vol. 227. – P. 34.45–34.64.

Надійшла до редколегії 22.06.2015

Рецензент: канд. геогр. наук В.М. Шпиг, Український гідрометеорологічний інститут, Київ.