

ПРОЦЕСИ ТУМАНОУТВОРЕННЯ НА АМСЦ МИКОЛАЇВ

Ключові слова: тумани, повторюваність, видимість, температурно-вітрові характеристики, синоптичні умови.

Постановка проблеми. Тумани різних типів є одним з найбільш небезпечних явищ для авіації. Особливо небезпечною є обмежена видимість при злеті і посадці повітряних суден та польотах на малих висотах[1-3]. Саме тому, для забезпечення безпеки польотів найбільшу роль грає точність прогнозу видимості та явищ погоди, що погіршують видимість. Недолік зведень про просторову і часову мінливість характеристик туманів значно ускладнює рішення питання про ефективне прогнозування цього небезпечного явища. У зв'язку з цим актуальною є задача статистичного дослідження туманів. Рішення цієї задачі сприяє підвищенню якості прогнозу, уточненню прогностичних методик, виявленню найбільш важливих факторів формування і розвитку туманів. Дослідження проведено згідно замовлення АМСЦ Миколаїв з метою підвищення якості обслуговування цивільної авіації.

Мета дослідження. Визначення особливостей повторюваності туманів на АМСЦ Миколаїв по відношенню до середньокліматичних норм та встановлення впливу місцевих умов.

Для дослідження використані дані книжок КМ-1 та щоденники погоди АВ-6 по аеропорту Миколаїв з 2006 по 2015 рр. За випадок з туманом вважали проміжок часу, за який спостерігався туман, тривалістю не менше 30 хв. Короткочасні переходи туману в серпанок тривалістю не більше 3 год. рахувалися, як один випадок з туманом.

Виклад основного матеріалу. Проаналізовано 29200 строків спостережень та виявлено 521 випадків туманів (табл.1), що складає 1,8% від загального числа строків. Річна повторюваність туманів за десятирічний період коливається у межах 41–63 випадки. Максимальна кількість туманів спостерігалася у 2014 р. – 63 (12%), мінімальна у 2011 р. – 41 (8%). Середній показник за досліджуваний період ~ 52 випадки з туманами за рік. У річному розподілі повторюваності туманів відмічаються 3-4 річні цикли мінливості активності формування туманів, в межах яких відбувається зростання числа днів з явищем.

Сезонний розподіл показує, що в зимовий період тумани на АМСЦ Миколаїв спостерігаються найчастіше – 246 (47%), на літній період припадає мінімум у 15 (3%) випадків. Максимум повторюваності зимових туманів відзначено у 2014 р. – 35, а мінімум - у 2012 р. – 18; середня частота виникнення 24,6 випадки на рік. Навесні найвища повторюваність туманів спостерігалася у 2008 р. – 15 випадків, а найнижча 2015 року - лише 3; середній показник 8,6 випадки на рік. Літні тумани мали найнижчі показники:

найбільша повторюваність відмічалася у 2007 р. – 3; у 2015 р. літні тумани не зареєстровані; середня повторюваність - 1,5 випадки на рік. Осінні тумани за частотою формування на другому місці – 174 випадки (33%). Восени максимум зареєстровано у 2013 р. – 25, мінімум у 2011р. – 11 випадків. Середня повторюваність 17,4 випадки на рік.

Загалом тумани переважають восени та взимку, а навесні та влітку число днів з туманами значно зменшується. Домінує холодний період, максимум належить січню – 93 випадки, високі показники у листопаді – 90. У літні місяці тумани часто не відмічені, або одноразові. У річному і місячному розподілі виділяється певна неоднорідність: пік січневих туманів у 2015 році – 20 випадків; 2014 р. максимум у грудні (15); 2007 і 2008 рр. максимум у лютому (9 і 8 відповідно); березневі показники подекуди рівнозначні з осінньо-зимовими (до 7-8 випадків); а 2011 р. у листопаді лише 4 випадки; жовтневі тумани були часті у 2009 і 2013 рр. (9).

Таблиця 1 – Повторюваність числа днів з туманами на АМСЦ Миколаїв за 2006-2015 рр. (кількість випадків / Р,%)

Рік	Місяць												Всього	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	к.в.	%
2006	5	9	8	1	2	1	-	-	-	6	10	7	49	13,4
2007	7	9	6	1	2	1	1	1	3	6	7	6	50	13,7
2008	7	8	7	6	2	-	-	1	1	5	7	5	49	13,4
2009	10	8	5	3	1	1	-	1	3	9	10	7	58	15,9
2010	9	10	3	4	1	-	1	-	2	5	11	9	55	15,1
2011	11	2	4	1	-	-	2	-	1	6	4	10	41	11,2
2012	7	3	1	6	2	1	-	-	3	6	10	8	47	12,8
2013	10	5	4	2	2	1	-	1	3	9	13	9	59	16,2
2014	7	13	4	3	2	1	-	1	2	5	10	15	63	17,3
2015	20	6	2	-	1	-	-	-	3	6	8	4	50	13,7
Сума	93	73	44	27	15	6	4	5	21	63	90	80	521	100

На сьогодні на АМСЦ Миколаїв спостереження за видимістю проводяться інструментально, видимість в туманах фіксується від мінімального значення <100 м до >1000 м. У ході дослідження за період 2006-2015 рр. встановлено, що, в середньому, видимість <100 м становить 4,3 випадки; від 100 до <500 м – 21 випадок; від 500 до <1000 м - 26,8 випадки. Дані за градаціями видимості по роках наведені у табл. 2.

Результати роботи виділяють перевагу слабких туманів з видимістю 500-1000 м – 268 епізодів (51%). Загалом, низька видимість в туманах <100 м відмічалася лише у 43 випадках (9%).

Таблиця 2 - Повторюваність туманів за градаціями видимості на АМСЦ Миколаїв, 2006-2015 рр. (кількість випадків)

Рік	Видимість, м			
	<100	100...<500 м	500...<1000	Всього
2006	4	21	24	49
2007	5	26	19	50
2008	4	22	23	49
2009	2	27	29	58
2010	4	20	31	55
2011	6	15	20	41
2012	4	16	27	47
2013	5	24	30	59
2014	4	21	38	63
2015	5	18	27	50
Всього	43	210	268	521

Видимість <100 м у туманах має мінімум повторюваності у 2 випадки 2009 року, а найчастіше ця градація відмічена при туманах у 2011 р. – 6 раз. Наступна градація видимості 100...<500 м в туманах вказує на повну противагу розподілу між роками: пік повторюваності у 2009 р. – 27; а мінімум туманів з такою видимістю припадає на 2011 р. - 15. Високі показники належать 2006 року – 26. Загалом градація складає 40% випадків. Слабкі тумани з видимістю від 500 до 1000 м мали найвищу повторюваність 2014 р. – 38. Зазначимо, що 2007 р. ця градація мали меншу частоту, ніж тумани з видимістю 100-500 м – 19 проти 26 відповідно. Таким чином, внаслідок збільшення частки туманів з видимістю 500...<1000 м можна відмітити тенденцію до зменшення інтенсивності туманів.

Протягом періоду дослідження тумани над станції утворювалися протягом всієї доби, але найчастіше явище виникало у нічні та ранкові години, коли посилювався вплив радіаційного фактору.

Максимум туманоутворення припадає на ранкові години - 48%, вдень туман формувався рідко – в 7% випадків (табл. 3). Такий добовий хід характерний для всієї території України та східної Європи [5].

На строк 02:00 виділяється різке падіння частоти початку туманів до 1,5%, оскільки за годину (на 03:00) їх повторюваність стрімко збільшується до 8,4%. Проведена робота пояснює це відхилення: після формування туману у вечірні та нічні години, до строку 02:00 год. він починає розсіюватися (слабшати) і на протязі приблизно однієї години відбувається «коливання» від туману до серпанку, а потім знову утворюється суцільний туман.

Найвища частота виникнення туманів за період спостережень спостерігається о 07:00 год. – 48 (9,2%). З 08:00 год. зменшується кількість

випадків з туманами, що зумовлене сходом Сонця. Надалі до 16:00 відмічається чітке падіння частоти виникнення туманів.

Мінімальна кількість виникнення туманів зафіксована о 15:00 год. – 2 випадки. З наближенням до надвечірніх та вечірніх годин, збільшується частота туманоутворення; найвищі показники у вечірні строки о 20:00 - 24 випадки початку туманів.

Таблиця 3 – Повторюваність добового ходу туманів на АМСЦ Миколаїв, 2006-2015 рр. (кількість випадків)

Година доби	Рік										Всього	Р,%
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
00	1	3	1	3	4	2	3	2	1	2	22	4,2
01	6	6	-	1	7	2	2	4	3	2	33	6,3
02	2	-	-	1	-	1	1	-	2	1	8	1,5
03	2	4	4	5	6	4	5	5	5	4	44	8,4
04	4	3	2	6	4	6	3	8	4	5	45	8,6
05	4	5	6	4	2	4	3	4	4	5	41	7,9
06	1	6	4	6	6	4	5	5	4	4	45	8,6
07	3	2	6	5	3	6	4	6	7	6	48	9,2
08	5	4	4	3	4	1	4	5	5	1	36	6,9
09	6	3	3	5	7	4	3	4	1	-	36	6,9
10	2	1	1	1	2	2	-	2	2	-	13	2,5
11	1	-	-	-	1	1	-	-	2	1	6	1,2
12	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	4	0,8
13	-	-	3	1	-	-	-	-	-	1	5	1,0
14	1	-	-	1	-	-	-	-	1	3	6	1,2
15	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	0,4
16	1	-	-	-	1	-	-	1	1	-	4	0,8
17	-	-	1	1	-	-	3	1	3	1	10	1,9
18	3	-	-	4	-	-	1	1	2	-	11	2,1
19	1	1	3	7	-	-	1	-	3	2	18	3,5
20	2	2	3	-	3	1	1	1	4	7	24	4,6
21	2	3	2	1	-	1	2	3	3	-	17	3,3
22	-	5	3	1	2	-	3	2	3	4	23	4,4
23	2	-	3	1	2	2	2	5	3	-	20	3,8

Дослідження тривалості туманів показало, що загальна кількість годин з туманом протягом 10 років становила 2873 години і коливалася в межах 212-382 години на рік. Найбільша сумарна тривалість туману за рік відмічалася у 2010 р. – 382 години, найменша – 212 годин у 2011 р.

Найтриваліші тумани спостерігалися у зимові місяці, коли тривалість туману складала більш ніж 20 год. і цілу добу (24 год.), але їхній відсоток дуже

малий, не більше 1,5% на рік. В середньому на рік тумани тривали 4,6 год., при мінімумі до 1,6 год. у червні і максимумі до 7,6 год. у січні.

Проаналізовано повторюваність туманів за градаціями тривалості. Найбільша тривалість туману спостерігалася в січні – 18-24 год. (50%), та лютому >24 год. (40%), найменша влітку: менше 1 год. та 1-3 год. (1%) – табл.4.

Таблиця 4 – Загальний місячний розподіл тривалості туманів за градаціями на АМСЦ Миколаїв, 2006-2015 рр.

Місяць	Градації тривалості, год													
	<1		1-3		3-6		6-12		12-18		18-24		>24	
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
1	6	10	20	13	18	14	26	21	13	34	4	50	1	20
2	9	15	15	10	18	14	20	16	4	10	2	26	2	40
3	8	13	12	8	18	14	9	7	1	3	0	0	0	0
4	6	10	11	7	8	6	7	6	0	0	0	0	1	20
5	5	8	7	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	5	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	2	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	8	6	6	4	4	3	1	3	0	0	0	0
10	6	10	28	19	14	11	16	13	5	13	0	0	0	0
11	6	10	21	14	23	17	20	16	6	16	1	12	1	20
12	10	16	23	15	14	11	23	18	8	21	1	12	0	0
Рік	62	100	151	100	132	100	125	100	38	100	8	100	5	100
Сер.	5,2	16	12,6	19	11,0	17	10,4	21	3,2	34	0,7	50	0,4	40

Всього відмічалось 62 тумани з видимістю <1 год. з максимумом у грудні (10), в середньому 5,2 випадки на рік. Тумани тривалістю 1–3 год. склали 151 випадок, в середньому 12,6 випадків на рік і це найвищі показники повторюваності за досліджуваний період (максимум у жовтні).

Висока частка туманів тривалістю 3–6 год. - 132 випадки (максимум у листопаді - 23). Наступна градація тривалості 6–12 год. має максимум у січні – 26 випадків, з травня по серпень туманів такої тривалості не відмічено. Загалом 125 випадків, в середньому 10,4 випадки на рік.

Збільшенню тривалості туманів закономірно відповідає зниження частоти: тумани тривалістю 12–18 год. спостерігалися 38 раз, з квітня по серпень такі тумани не спостерігалися. Тривалі тумани (18–24 год.) фіксувалися тільки у листопаді і взимку (всього 8). Тумани тривалістю >24 год. на АМСЦ Миколаїв спостерігаються дуже рідко. За десятирічний період спостережень

було відмічено всього 5 випадків - одноразово такі тумани спостерігалося у січні, квітні та листопаді, 2 випадки у лютому.

Річні показники вказують на максимальну тривалість туману в лютому 2014 р. - 63 год. та січні 2015 р. - 52 год., найкоротший за часом туман відмічено в березні 2015 р. - 13 хв.

За період 2009-2015 рр. визначено метеорологічні особливості формування туманів на станції (табл. 5). При утворенні туману переважає південно-східний напрямок вітру - 59 випадків (17%). Найменша кількість припала на північний напрямок вітру – всього 2 випадки (0,6%), жодного випадку туману не було зареєстровано при західно-північно-західному напрямку. Встановлено переважання малих швидкостей вітру – до 95% випадків припадає на швидкість $<5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. При вітрах зі швидкістю в середньому $3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ тумани відмічалися найчастіше - 27%. Повторюваність туманів при штилі становила 10%. Аналізуючи холодний і теплий періоди року, виділяється переважання більших швидкостей вітру при туманах у холодне півріччя.

Таблиця 5 - Розподіл температури повітря та швидкості вітру при туманах на АМСЦ Миколаїв за 2009 – 2015 рр.

Місяць	Температура повітря $T, ^\circ\text{C}$ / швидкість вітру $V, \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$													
	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
1	1,4	3	1,5	4	-0,5	3	-1,5	2	-1,3	3	2,9	4	0,8	3
2	3,4	2	0,0	4	-	-	-9,3	5	3,2	3	2,3	3	-0,2	3
3	3,0	3	4,0	3	4,6	2	1,7	5	5,3	3	6,4	3	0,3	3
4	8,4	0	6,1	4	-	-	7,9	3	8,5	4	8,4	2	-	-
5	11,9	3	14,7	2	-	-	14,5	3	12,7	0	11,4	1	10,4	5
6	13,5	0	-	-	-	-	23,0	4	15,9	2	-	-	-	-
7	-	-	19,7	2	17,7	1	-	-	-	-	-	-	-	-
8	21,3	3	-	-	-	-	-	-	17,5	2	21,9	0	-	-
9	13,3	4	15,5	0	16,3	0	15,7	0	14,3	3	-	-	19,5	0
10	10,2	2	8,0	4	3,2	1	14,4	3	8,7	2	10,5	4	10,9	1
11	7,5	4	10,2	3	-2,7	1	7,7	3	7,3	4	5,1	5	4,3	4
12	4,7	5	0,9	2	1,6	3	7,4	2	-0,1	2	0,7	3	0,8	3

На АМСЦ Миколаїв за досліджуваний період дуже рідко спостерігались тумани при від'ємній температурі – 8% повторюваності. Найнижча осереднена температура при наявності туману припала на лютий 2012 р. і склала $-9,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

З березня по жовтень температурний фон за наявності туману додатний, екстремум температури відмічається у червні 2012 р. у $23 \text{ }^\circ\text{C}$, високі показники у серпні 2014 і 2009 рр.: $21,9 \text{ }^\circ\text{C}$ і $21,3 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідно.

За місяцями відмічаються деякі аномалії ходу температури при туманах, що пояснюється відмінностями домінуючих циркуляційних процесів кожного сезону і місяця. Так, у загальному, реєструються високі температури при туманах у вересні і жовтні $>10...15$ °С; також нетипово підвищений температурний фон у листопаді 2009, 2012-2013 рр. >7 °С, а у листопаді 2010 р. температура при тумані склала $10,2$ °С; аномальна температура відмічена у грудні 2012 р. у $7,4$ °С.

Представляє інтерес встановлення повторюваності туманів за типами формування та синоптичними умовами виникнення.

На АМСЦ Миколаїв переважають адвективні тумани - 42%, враховуючи розташування станції і близькість Чорного моря, активне формування адвективних туманів припадало на холодний період; друге місце займають адвективно-радіаційні тумани – 27%, невеликий відсоток склали радіаційні тумани і фронтальні тумани спостерігалися найрідше (14%) – табл. 6.

Таблиця 6 – Повторюваність туманів за типами на АМСЦ Миколаїв, 2009-2015 рр. (кількість випадків / %)

Місяць	Тип туману							
	адвективний		адвективно-радіаційний		радіаційний		фронтальний	
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
1	25	46	16	29	4	7	10	18
2	24	56	7	17	7	17	4	10
3	16	47	10	29	4	12	4	12
4	12	52	7	30	2	9	2	9
5	1	13	5	62	-	-	2	25
6	1	25	1	25	1	25	1	25
7	2	50	1	25	-	-	1	25
8	1	33	1	33	1	33	-	-
9	4	34	6	50	1	8	1	8
10	15	36	11	26	9	21	7	17
11	16	33	13	27	15	31	4	9
12	23	38	14	23	12	20	11	19
Всього	140	42	92	27	56	17	47	14

Виявлено, що тумани в циклонічних системах формувалися у 34% випадків, переважно в холодний період; 27% випадків належить теплому сектору циклону. В малоградієнтному полі спостерігалось 20% туманів, з них найбільша частка відмічається у перехідні сезони і взимку. В антициклонічних полях відмічено 19%, при зростанні повторюваності восени і взимку.

На АМСЦ Миколаїв для прогнозу адвективних туманів та низької хмарності використовують метод І.В. Кошеленко, прогноз радіаційних туманів проводять за методикою Зверєва О.С. [4, 6]. В межах дослідження проведена

оцінка ефективності методів за період з 2009 по 2015 рр. – табл.7. Метод Кошеленко має справджуваність – 77%, яка незначно коливалася по місяцях, а оцінка справджуваності методу Зверєва дуже висока - 96%, що дозволяє використовувати цей метод в оперативній роботі на АМСЦ Миколаїв.

Таблиця 7 – Справджуваність прогнозу туманів на АМСЦ Миколаїв за період 2009-2015 рр. (Р,%)

Метод	Місяць												Загальна річна
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кошеленко	75	73	78	76	82	78	-	-	74	74	84	76	77
Зверєва	98	96	98	97	94	92	94	96	96	98	98	96	96

У холодний період окрему увагу необхідно звертати на вплив місцевих особливостей розміщення станції на формування низької хмарності і туману, зокрема, на стан водної поверхні р. Південний Буг, прилеглої до території аеропорту. Адвективні тумани формуються над водною поверхнею і північно-західним потоком їх виносить на ЗПС.

Висновки. Повторюваність туманів на АМСЦ Миколаїв за 2006-2015 рр. складала менше середнього (середній кліматичний показник 60 днів на рік). Тільки одноразово у 2014 р. річна повторюваність туманів сягала середнього значення (63). В осінньо-зимовий період тумани на станції спостерігаються значно частіше, ніж у весняно-літній, з максимумами у січні і листопаді. При цьому близькість Чорного моря визначає перевагу адвективних туманів, що формуються у циклонічних системах. Максимальні показники повторюваності туманів при південно-східній чверті збігаються з середньокліматичними для України, а мінімум повторюваності за напрямком вітру відрізняється – північний проти середньокліматичного північно-західного. В літні місяці відзначаються поодинокі тумани при температурах $>20^{\circ}\text{C}$. Враховуючи тенденцію підвищення температури повітря на фоні регіональних і глобальних змін клімату в осінньо-зимовий період, на станції відмічені тумани у листопаді і грудні при температурах $7-9^{\circ}\text{C}$.

Список літератури

1. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология / О.Г. Богаткин. - Учебное пособие. СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. - 328 с.
2. Баранов А.М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов / А.М. Баранов. Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 205 с.
3. Дорофеев В.В. Наклонная дальность видимости / В.В. Дорофеев, Г.С. Нахмансон – Монография. Воронеж, 2007. - 209 с.
4. Зверев А.С. Туманы и их предсказание / А.С. Зверев - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - С.4-73.
5. Климат Украины / під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К. Вид-во Раєвського, 2003. – С.312-320.
6. Кошеленко И.В. Прогноз тумана и его интенсивности / И.В. Кошеленко // Труды УкрНИГМИ. – 1974. - Вып.132. - С.50-66.

Нажмудінова О.М. Представлено результати дослідження статистичних і метеорологічних характеристик формування туманів на АМСЦ Миколаїв в останнє десятиліття. Встановлений вплив місцевих умов та регіональних змін клімату на повторюваність туманів.

Ключові слова: тумани, повторюваність, видимість, температурно-вітрові характеристики, синоптичні умови.

Нажмудінова Е.Н. Представлены результаты исследования статистических и метеорологических характеристик формирования туманов на АМСГ Николаев в последнее десятилетие. Определено влияние местных условий и региональных изменений климата на повторяемость туманов.

Ключевые слова: туманы, повторяемость, видимость, температурно-ветровые характеристики, синоптические условия.

Nashmudinova E. Presents the results of a statistical study and meteorological characteristics of fog formation in the the airport Nikolaev in the last decade. Installed the influence of local conditions and regional climate change on the frequency of occurrence of fogs.

Keywords: fogs, repeatability, visibility, temperature and wind characteristics, synoptic conditions.