

## **ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ СДВИГА ВЕТРА НА ПРИМЕРЕ АЭРОДРОМА г. АРХАНГЕЛЬСКА**

***А.О. Нестерова О.В. Волобуева***

*<sup>1)</sup>Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), Малоохтинский проспект, д. 98, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: lina01nesterova@mail.ru, ovvolobueva@rshu.ru*

Для воздушных судов одним из опасных атмосферных явлений является сдвиг ветра, быстро возникающий и трудно определяемый. Особенно данное явление опасно при двух этапах – это взлёт и посадка, что может, например, привести к недолёту до взлётно-посадочной полосы или к выкатыванию за пределы дальнего конца полосы. Поэтому изучение данного явления важно для улучшения прогнозирования и понимания возникновения сдвига ветра. Целью исследования является анализ условий возникновения сдвига ветра, основными задачами – выявление типовых синоптических ситуаций, распределение зафиксированных случаев сдвига ветра по интенсивности, сезонам, эшелонам, а также анализ данных зондирования атмосферы (по инверсии) на аэродроме Талаги за 2016-2022 гг.

*Ключевые слова:* сдвиг ветра; атмосферные явления; Архангельск; погода; инверсия; аэропорт; синоптические ситуации.

## ***IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON THE OCCURRENCE OF WIND SHEAR ON THE EXAMPLE OF THE ARKHANGELSK AIRFIELD***

***A.O. Nesterova, O.V. Volobueva***

*<sup>1)</sup>Russian State Hydrometeorological University (RSHU), 98 Malookhtinsky Prospekt, St. Petersburg, Russia, e-mail: lina01nesterova@mail.ru, ovvolobueva@rshu.ru*

For aircraft, one of the dangerous atmospheric phenomena is wind shear, which occurs quickly and is difficult to determine. This phenomenon is especially dangerous at two stages – takeoff and landing, which can, for example, lead to undershooting the runway or to rolling out of the far end of the runway. Therefore, the study of this phenomenon is important to improve forecasting understanding of the occurrence of wind shear. The purpose of the study is to analyze the conditions for the occurrence of wind shear, the main tasks are to identify typical synoptic situations, the distribution of recorded cases of wind shear by intensity, seasons, flight level, as well as the analysis of atmospheric sounding data (by inversion) at Talagi airfield for 2016-2022.

*Keywords:* wind shear; atmospheric phenomenon; Arkhangelsk; weather; inversion; airport; synoptic situation.

### *Общая информация о сдвиге ветра*

Сдвиг ветра – это резкое изменение направления и/или скорости ветра в пространстве аэродрома, включая нисходящие и восходящие потоки [1].

Продолжительность воздействия сдвига ветра на воздушное судно зависит от его скорости прохождения через этот слой при взлёте либо посадке.

### *Признаки наличия сдвига ветра*

Экипажи ВС обязаны знать метеорологические признаки наличия сдвига ветра на аэродроме, чтобы избежать попадания в данную зону путём задержки захода на посадку или взлёта или уходом на второй круг до момента, пока действие внешних признаков не прекратится [2].

- 1) Сильный порывистый приземный ветер;
- 2) Реакция ветровых конусов на различное направление ветра;
- 3) Грозы;
- 4) Движения дымовых факелов в разные направления от антропогенных источников;
- 5) «Вирга»: осадки, выпадающие из основания облаков, но при этом не достигающих земли по причине испарения;
- 6) Чечевицеобразное облако: наличие стоячих волн на наветренной стороне горы;
- 7) Шкваловый фронт, движущееся впереди пояса дождя и указывающее на наличие фронта порывов.

### *Предупреждение о сдвиге ветра по аэродрому*

Предупреждение представляет собой краткую информацию об ожидаемой или наличной сдвиге ветра, который может оказать неблагоприятное воздействие на ВС.

На рис. 1 представлен пример предупреждения.

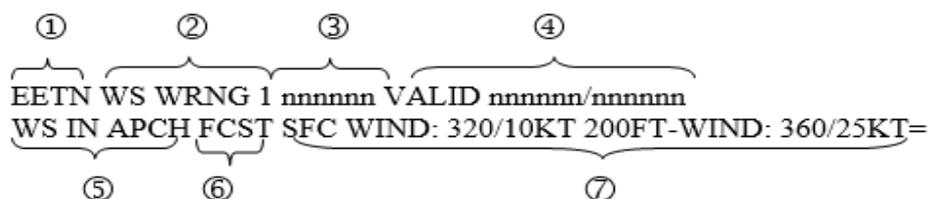


Рис. 1. Пример предупреждения о сдвиге ветра

- 1 – указатель местоположения аэродрома;
- 2 – тип и порядковый номер предупреждения;
- 3 – время составления (дата и время UTC);
- 4 – период действия (дата и время UTC)/VALID TL nnnnn;
- 5 – явление и его местоположение;
- 6 – указание о том, наблюдается явление [REP AT], ожидается [OBS] или прогнозируется [FCST];
- 7 – описание явления.

Предупреждение может основываться на использовании метеорологического оборудования (например, анемометры), с донесения с бортов ВС,

прогнозов явлений и синоптических ситуаций, способных вызвать данное явление.

*Анализ условий образования сдвига ветра на аэродроме Талаги (Архангельск)*

Для исследования случаев были использованы данные бортовой погоды и журнала фактической погоды (АВ-6) Авиационного Метеорологического Центра Архангельска.

В табл. 1 представлены данные по количеству случаев сдвига ветра различной интенсивности на аэродроме Талаги за период с 2016 по март 2022 гг.

Таблица 1

**Количество случаев сдвига ветра по интенсивности**

Интенсивность сдвига ветра	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Общее количество	Повторяемость, %
<i>Слабая</i>	1	4	2	2	3	0	2	14	28
<i>Умеренная</i>	3	11	7	5	4	2	1	33	66
<i>Сильная</i>	1	1	0	0	0	1	0	3	6
<i>Итого</i>	5	16	9	7	7	3	3	50	100

На гистограмме (рис. 2) представлены количество случаев и повторяемость случаев сдвига ветра по сезонам.

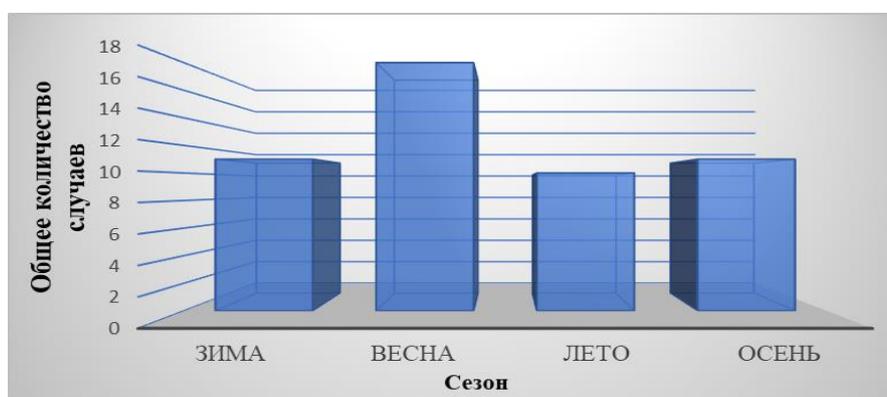


Рис. 2. Повторяемость случаев сдвига по сезонам ветра на аэродроме г. Архангельск (Талаги) за период 2016-март 2022 гг.

Исходя из гистограммы (рис. 2) видно, что наибольшая повторяемость случаев сдвига ветра по сезонам была весной, наименьшая – летом. Наибольшее количество сдвигов ветра весной обуславливается тем, что активизируются синоптические процессы, устойчивые воздушные массы

сменяются неустойчивыми, тёплый воздух с океана начинает смещаться на охлаждённую поверхность.

Повторяемость сдвига ветра по эшелонам представлена на рис. 3.

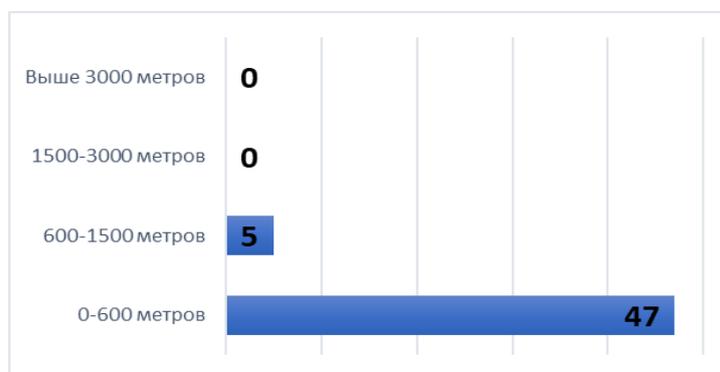


Рис. 3. Повторяемость случаев сдвига по эшелонам на аэродроме г. Архангельск (Талаги) за период 2016-март 2022 гг.

Сдвиги ветра в большей степени наблюдались (рис. 3) в промежутке от земной поверхности до 600 метров (до эшелона 020). Один случай с умеренным сдвигом произошёл в промежутке от 300 до 1000 метров 23 марта 2019 года. Выше 1500 метров сдвигов не было.

В результате проведенного анализа синоптических ситуаций были определены типовые синоптические ситуации при возникновении сдвига ветра на аэродроме г. Архангельск (Талаги), которые представлены на рис. 4.



Рис. 4. Повторяемость случаев сдвига по синоптическим ситуациям на аэродроме г. Архангельск (Талаги) за период 2016-март 2022 гг.

По рис. 4 видно, что наибольшее количество сдвигов ветра наблюдалось на перифериях циклонов и антициклонов (14 случаев – 30%) и в тыловых и передних частях циклонов (13 случаев – 27%), меньшее количество – тыловая часть и периферия гребня.

Большое количество сдвигов ветра на перифериях антициклонов и циклонов можно объяснить сгущением изобар, турбулентностью, возможным влиянием других барических образований. В тыловой и передней части: приближением тёплого фронта или прохождением холодного, при которых изменяется направление и скорость ветра, и осадки, и грозы.

#### *Анализ состояния приземного слоя по инверсии*

По выбранным случаям сдвига ветра были проанализированы данные зондирования атмосферы от земной поверхности до высоты 600 метров [3]. Ниже (табл. 2) представлены случаи зафиксированных инверсий в слое от 0 до 600 м.

При анализе было выявлено всего 8 случаев инверсий с 2016 по март 2022 гг. Время зондирования, когда наблюдалась инверсия, может не совпадать со временем обнаружения сдвига ветра из-за запуска радиозондов два раза в сутки [в 00 и 12 UTC].

### **Заключение**

Исходя из бортовых и фактических данных с аэродрома Талаги, было проведено исследование случаев сдвига ветра по различным параметрам. По интенсивности больше всего наблюдался умеренный сдвиг (66%), чаще в весеннее время (36%), в промежутке между земной поверхностью и 600 м [SFC/FL030] (90%).

Анализ синоптических ситуаций, при которых возникали сдвиги ветра показал, что в большей степени сдвиги ветра наблюдались на перифериях циклонов и антициклонов (14 случаев – 30%) и в тыловой, передней частях циклонов (13 случаев – 27%), меньше – в тыловой части и на периферии гребня (по 1 случаю – 2%).

Инверсия как предиктор не подходит для прогноза сдвига ветра из-за недостаточного количества данных зондирования [4,5].

Таблица 2

## Инверсии приземного слоя

Дата и время	Состояние приземного слоя	Высоты [м]	Температура по высотам	Скорость (м/с) и направление (°) ветра по высотам	Разность высот/мощность инверсии (верхняя и нижняя границы слоя инверсии) [м]	Разность температур между высотами [°С]
10.05.16 [6:19]	инверсия	0	4.8	2/ 315	210	0.6
		145	5.2	8/ 330		
		185	5.3	10/ 330		
		210	5.4	10/ 331		
30.08.17 [16:22-17:06]	инверсия	6	15.2	4/180	52	0.6
		58	15.8	6/200		
05.02.18 [8:32-9:00]	инверсия	425	-14.1	19/ 71	168	2
		593	-12.4	22/ 75		
22.08.18 [12:43-13:00]	инверсия	6	8.6	12/ 315	142	0.4
		148	9.0	26/ 320		
08.10.18 [18:37-19:00]	инверсия	6	1.0	3/ 225	85	0.8
		91	1.8	11/ 205		
		504	1.6	17/ 190	85	0.4
		589	2.0	13/ 240		
14.02.19 [23:00-23:30]	инверсия	504	-9.5	15/ 181	83	0.2
		587	-9.3	17/ 185		
03.05.19 [14:00-15:00]	инверсия	6	5.6	4/ 135	230	0.6
		232	6.2	9/ 150		
16.08.20 [12:52-13:12]	инверсия	6	14.8	6/ 340	118	0.2

### **Библиографические ссылки**

1. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология. Учебное пособие для лётного и диспетчерского состава ГА. – Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2010. – С. 39
2. Руководство по сдвигу ветра на малых высотах. Международная организация гражданской авиации [ИКАО], 2005. – с. 90-91.
3. Карта зондирования. [Электронный ресурс]: <http://weather.uwyo.edu/upperair/europe.html>
4. Нестерова А.О., Волобуева О.В. Анализ условий возникновения сдвига ветра на аэродроме Талаги (г. Архангельск) // Материалы IV всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к году науки и технологий. Иркутск, 2021. - 313-320 с.
5. Нестерова А.О., Волобуева О.В. Влияние сдвига ветра на полёты воздушных судов // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2022. – № S2. – С. 145-149.