

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Особенности ветрового режима на аэродроме «Гагарин»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Муфтяждиновой Марии Маратовны

Научный руководитель,

Ассистент

\_\_\_\_\_

А.В. Русанова

Зав.кафедрой,

к.г.н., доцент

\_\_\_\_\_

М.Ю. Червяков

Саратов 2023

**Введение.** Прогностическая работа на АМСГ – один из основных видов работы оперативных органов Росгидромета. При производстве полетов необходимо иметь сведения о погоде и должным образом учитывать метеорологические условия как в данный момент, так и во времени прибытия самолета на соответствующий участок маршрута полета, особенно на аэродром посадки.

Ветер является одним из важнейших параметров метеорологических наблюдений, так как, в атмосфере на всех высотах есть ветер. При наличии ветра направление движения самолета относительно земной поверхности не совпадает с продольной осью самолета, т.е. ветер сносит самолет с того курса, каким этот самолет летит. Летчику воздушного судна, еще до вылета необходимо знать, каким курсом и с какой скоростью нужно лететь, чтобы, выполняя полет в поле реального ветра, произвести посадку в заданное время на нужном аэродроме [1].

Целью научной работы является анализ параметров приземного ветра – направления, скорости и структуры, на аэродроме «Гагарин» по данным регулярных и специальных наблюдений в 2020-2021 гг.

Для выполнения цели работы были поставлены следующие задачи:

- А) Провести анализ параметров приземного ветра на аэродроме «Гагарин» за 2020 год.
- Б) Провести анализ параметров приземного ветра на аэродроме «Гагарин» за 2021 год
- В) Определить средние значения ветра в приземном слое атмосферы на аэродроме «Гагарин» за 2020-2021 гг.

Так как аэропорт начал свою работу только в августе 2019 годы подобные исследования ранее не проводились, однако результаты очень важны как для прогнозирования ветра на аэродроме, так и для каких-либо работ, которые там проводятся.

**Основное содержание работы.** Ветер – это горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Он возникает в результате неравномерного распределения давления вдоль земной поверхности.

Основными характеристиками ветра являются направление и скорость. За направление ветра в метеорологии принята та часть горизонта, откуда он дует. Скорость приземного ветра в авиации измеряют в метрах в секунду. [2]

Наблюдения показывают, что ветер у поверхности земли редко бывает устойчивым. Как направление, так и его скорость испытывают быстрое изменение, т.е. ветер большей частью бывает порывистым. Причина порывистости ветра заключается в турбулентном характере движения воздуха.

Точность измерения приземного ветра на аэродромах по скорости составляет 1 м/с, по направлению – до целого десятка градусов.

**Магнитный ветер.** Как указывалось, в подразделе 1.1, в метеорологии направление ветра указывается той частью горизонта, откуда он дует. Градусы направления ветра отсчитываются от северного направления географического меридиана по часовой стрелке – то есть это истинный ветер. Так как взлетно-посадочная полоса (ВПП) имеют ориентацию относительно магнитного меридиана, а не истинного, то в авиации вводится понятие магнитного ветра. Магнитный ветер – ветер, направление которого отсчитывается от северного направления магнитного меридиана. Он применяется в условиях взлета (посадки) воздушных судов и при полетах на высоте круга. Поэтому в местных регулярных и специальных сводках (сводки, распространяемые на территории аэродрома) дается информация именно с поправкой истинного направления ветра на магнитное склонение, при его значении более 5°. В сводки же, распространяемые за пределы аэродрома (в кодах METAR и SPECI), включается информация о фактическом метеорологическом направлении ветра.

**Влияние ветра на взлет, посадку и полет воздушных судов на малых высотах.** Из всего комплекса метеорологических факторов, влияющих на

воздушное судно, ветер является одним из наиболее важных, поскольку ветер дополнительно перемещает воздушное судно относительно земли.

Взлет и посадку самолетов стремятся выполнять против ветра, поскольку встречный ветер дополнительно увеличивает воздушную скорость и подъемную силу, что уменьшает длину разбега самолета по взлетно-посадочной полосе при взлете и длину пробега во время посадки. Однако существуют ограничения по скорости продольного к ВПП приземного ветра, при превышении которых взлет и посадка не разрешаются.

Информация о ветре у поверхности земли позволяет выбрать курс выполнения взлета и посадки на ВПП и оценить потребную длину разбега или пробега самолета по ВПП, чтобы обеспечить успешное выполнение и безопасность взлета и посадки воздушного судна.

Кроме сведений о средней скорости и направлении ветра, для метеорологического обеспечения взлета и посадки воздушных судов необходима информация о максимальных порывах ветра у поверхности земли, обусловленных турбулентностью. Порывы ветра на отдельные моменты времени могут нарушать равновесие аэродинамических сил движущегося воздушного судна, что может привести к резким кратковременным отклонениям его от расчетной траектории полета. В первые секунды после отрыва при взлете или за несколько секунд до касания при посадке такие внезапные отклонения воздушного судна особенно опасны. Поэтому информация о порывистости ветра у земли является очень важной.

**Сдвиги ветра в приземном слое атмосферы.** Сдвиг ветра – изменение скорости и (или) направления ветра в пространстве. Период осреднения ветра равен 2 минуты. Считается, что изменение ветра, характеризующее сдвиг ветра, должно продолжаться несколько секунд и более и оно должно вызвать изменение подъемной силы воздушного судна. Сдвиг ветра является невидимым и внезапным явлением.

Сдвиг ветра определяется векторной разностью векторов ветра, измеренной в двух точках пространства, которая отражает изменение скорости

и направления ветра при перемещении от одной точки к другой. В зависимости от взаимного расположения рассматриваемых точек в пространстве различают или горизонтальный, или вертикальный сдвиг ветра.

Влияние горизонтального сдвига ветра на полет воздушного судна выражается в его «подбрасывании» при увеличении встречного ветра в направлении полета или в «проваливании» при увеличении скорости попутного ветра.

Наиболее сильные вертикальные сдвиги ветра отмечаются в приземном слое на высотах до 100 м от поверхности земли.

Боковые сдвиги ветра обусловлены резким изменением направления ветра с высотой и приводит к боковым смещениям самолетов от расчетной траектории полета.

Критерии интенсивности сдвигов ветра представлены на рисунке 1.1.

Интенсивность WS	Влияние WS на управление ВС	Градация, м/с горизонтальный WS на 600 м вертикальный WS на 30 м
Слабый	Незначительное	0,1-2,0
Умеренный	Значительное	2,1-4,0
Сильный	Существенное	4,1-6,0
Очень сильный	Опасное	> 6,0

Рисунок 1.1 – Критерии интенсивности сдвига ветра и влияния его на управление воздушным судном

**Краткая информация про аэропорт «Гагарин».** На протяжении долгого времени обсуждался вопрос о переносе саратовского аэропорта «Центральный» в другое место, поскольку короткая ВПП не имела возможности удлинения ввиду ограниченности территории аэропорта, а расположение аэропорта в черте



города являлось потенциально опасным. В 2008 году для строительства была выбрана площадь, недалеко от села Сабуровка. И с 20 августа 2019 года аэропорт «Гагарин» начал свою работу [16]. На рисунке 2.1 представлено спутниковое изображение аэропорта «Гагарин».

Рисунок 2.1 – Спутниковый снимок аэропорта «Гагарин»

Координаты аэродрома  $51^{\circ}42'46''$  с.ш.,  $46^{\circ}10'16''$  в.д. Абсолютная высота составляет +28,01 м. Приведенные координаты и высота даны для контрольной точки аэродрома – геометрического центра ВПП. На аэродроме расположена одна ВПП с искусственным покрытием длиной 3000 м и шириной 45 метров. Магнитные курсы посадки составляют  $81^{\circ}$  и  $261^{\circ}$ .

По своему физико-географическому положению аэропорт «Гагарин» расположен в холмистой местности. Максимальная высота на этом холме достигает 150 метров над уровнем моря, высота, на которой располагается аэропорт, составляет 27 метров над уровнем моря. С южной части этот холм окружен притоком реки Волга. С северной части расположен склон, на котором и находится аэропорт. С западной части находится равнинная часть. На востоке заканчивается возвышенная часть, начинается равнинная, которая переходит в реку Волга.

**Исследование ветрового режима на аэродроме «Гагарин» за 2020 год.** Для исследования в работе были взяты данные о направлении и скорости ветра из регулярных и специальных сводок по аэродрому «Гагарин» за 2020 год [20]. Регулярные наблюдения на аэродроме проводятся каждые 30 минут в 00 и 30 минут каждого часа, регулярные – по мере необходимости. В общей сложности была осуществлена выборка из более чем 17,5 тысяч сводок.

На основе данных были построены таблицы по скорости и направлению за каждый месяц и за год в целом, также была построена таблица порывистости ветра.

В таблице 3.13 представлены данные по направлению и средней скорости ветра за 2020 год. Как видно из таблицы 3.13, наиболее часто в 2020 году отмечался ветер направления  $290-310^{\circ}$ . По скорости преобладал ветер в градации 3-5 м/с. Сравнительно редко отмечается ветер со средней скоростью

более 10 м/с. Самыми редкими направлениями за год стали 020-040° и 200-220°. Максимальная скорость за 2020 год отмечалась в градациях 18-20 м/с.

Таблица 3.13 – Распределение повторяемости направления и средней скорости ветра по градациям за год (число случаев) (составлено автором)

Направление ветра в град.	1-2, м/с	3-5, м/с	6-7, м/с	8-10, м/с	11-12, м/с	13-15, м/с	16-17, м/с	18-20, м/с	Всего
350-360-10	170	580	190	72	5				1017
20-40	153	522	233	83	17	7			1015
50-70	354	1058	265	96	4	1			1778
80-100	307	1504	394	394	9	1			2609
110-130	247	917	338	61	5	1			1569
140-160	159	559	184	126	20				1048
170-190	136	519	256	154	18	3			1086
200-220	112	356	118	29	3	3			621
230-250	192	752	350	188	12	6			1500
260-280	647	1726	263	258	55	7	1	1	2958
290-310	469	922	228	150	15	1			1785
320-340	193	624	187	74	15				1093
Всего	3139	10039	3006	1685	178	30	1	1	18079

На рисунке 3.13 представлена диаграмма розы ветров по аэродрому «Гагарин» за 2020 год. В соответствии с рисунком 3.13 видно, что наибольшее количество повторений приходилось на практически противоположные направления ветра 080-130° и 260-310° со слабой скоростью 1-5 м/с. Относительно ВПП этот ветер является попутным с небольшой боковой составляющей, что благоприятно для осуществления взлетов и посадок.

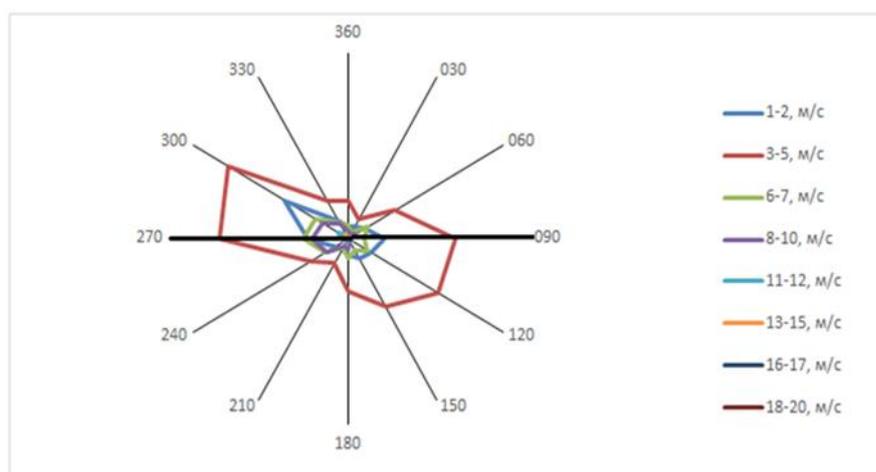


Рисунок 3.13 – Роза ветров за год (составлено автором)

**Исследование ветрового режима на аэродроме «Гагарин» за 2021 год.** В таблице 4.13 представлены данные по направлению и средней скорости ветра за 2021 год. Как видно из таблицы 4.13, наиболее часто в 2021 году отмечался ветер направления 260-280° - оно отмечалось 2958 раз, вторым по частоте является противоположное направление 080-100° (отмечалось 2609 раз). По скорости значительно преобладал ветер в градации 3-5 м/с. Сравнительно редко отмечается ветер со средней скоростью более 13 м/с. Самыми редкими направлениями за год стали 200-220°. Максимальная скорость за 2021 год отмечалась в градации 18-20 м/с.

Таблица 4.13 – Распределение повторяемости направления и средней скорости ветра по градациям за 2021 г. (число случаев) (составлено автором)

Направление ветра в град.	1-2, м/с	3-5, м/с	6-7, м/с	8-10, м/с	11-12, м/с	13-15, м/с	16-17, м/с	18-20, м/с	Всего
350-360-10	170	580	190	72	5				1017
20-40	153	522	233	83	17	7			1015
50-70	354	1058	265	96	4	1			1778
80-100	307	1504	394	394	9	1			2609
110-130	247	917	338	61	5	1			1569
140-160	159	559	184	126	20				1048
170-190	136	519	256	154	18	3			1086
200-220	112	356	118	29	3	3			621
230-250	192	752	350	188	12	6			1500
260-280	647	1726	263	258	55	7	1	1	2958
290-310	469	922	228	150	15	1			1785
320-340	193	624	187	74	15				1093
Всего	3139	10039	3006	1685	178	30	1	1	18079

На рисунке 4.13 представлена диаграмма розы ветров по аэродрому «Гагарин» за 2021 год. В соответствии с рисунком 4.13 видно, что наибольшее количество повторений приходилось на ветер вдоль полосы с противоположными направлениями 080-100° и 260-280° со средней скоростью 3-5 м/с, что благоприятно для осуществления взлетов и посадок.

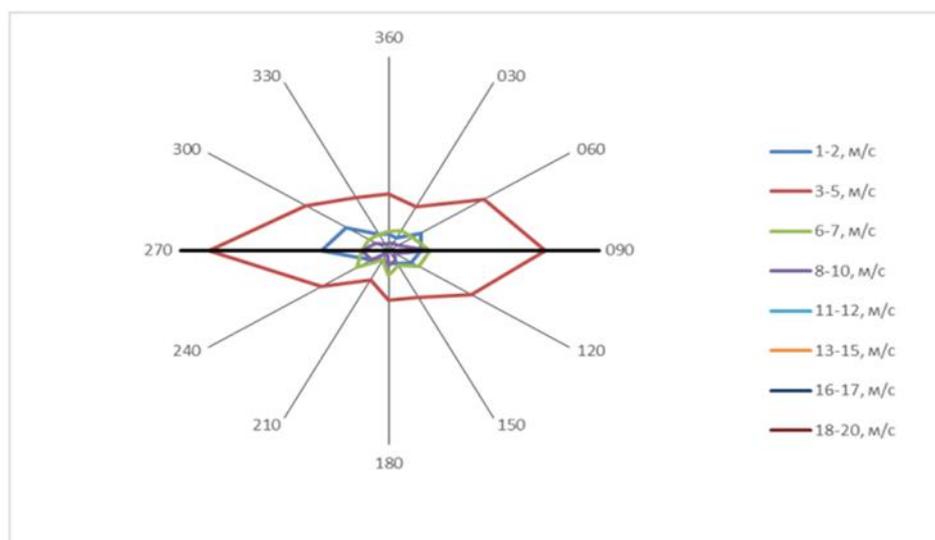


Рисунок 4.13 – Роза ветров за 2021 г. (составлено автором)

#### **Анализ средних значений ветра на аэродроме «Гагарин» за 2020-2021 гг.**

В таблице 5.13 представлены данные по направлению и средней скорости ветра, осредненные за 2020-2021 гг. Как видно из таблицы 5.13, наиболее часто отмечался ветер направления 260-310°. По скорости значительно преобладал ветер в градации 3-5 м/с. Сравнительно редко отмечается ветер со средней скоростью более 15 м/с. Самым редкими направлениями за 2 года стали 200-220°. Максимальная средняя скорость отмечалась в градации 18-20 м/с.

Таблица 5.13 – Средние значения направления и скорости ветра по градациям, осредненные за 2020-2021 гг. (составлено автором)

Направление ветра, град.	1-2, м/с	3-5, м/с	6-7, м/с	8-10, м/с	11-12, м/с	13-15, м/с	16-17, м/с	18-20, м/с	Всего
350-360-10	147	493	164	44	5	1			854
20-40	152	385	158	71	11	7			784
50-70	287	554	261	93	12	1			1208
80-100	361	1355	285	211	5	1			2218
110-130	276	1039	294	54	3	2			1668
140-160	206	700	169	84	10				1169
170-190	155	545	234	131	11	2			1078

200-220	120	338	121	62	4	3			648
230-250	185	619	319	234	11	4			1372
260-280	548	1583	379	329	68	4	1	1	2913
290-310	644	1233	329	239	67	16			2528
320-340	206	542	200	134	37	30	8	1	1158
Всего	3287	9386	2913	1686	244	71	9	2	17598

На рисунке 5.13 представлена диаграмма розы ветров средних значений за 2020-2021 гг. по аэродрому «Гагарин». В соответствии с рисунком 5.13 видно, что наибольшее количество повторений приходилось на противоположные направления ветра 080-130° и 260-310° со средней скоростью 3-5 м/с. Относительно ВПП ветер дует вдоль полосы или с небольшой боковой составляющей, что благоприятно для осуществления взлетов и посадок.

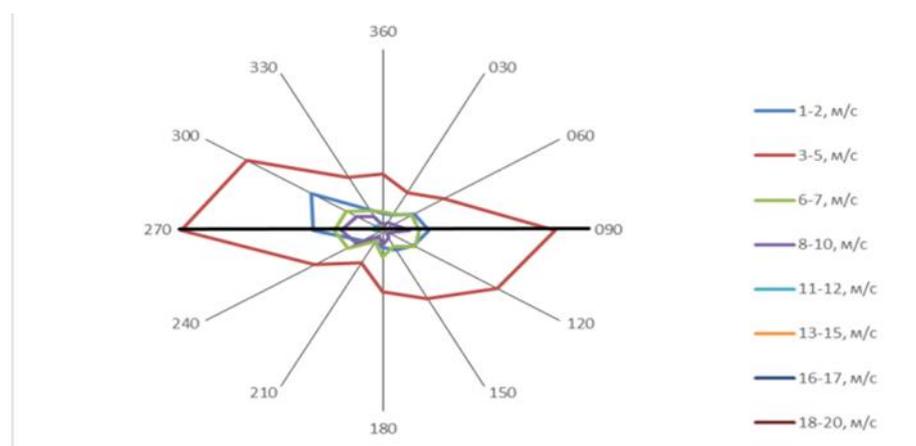


Рисунок 5.13 – Роза ветров средних значений за 2020-2021 гг. (составлено автором)

**Заключение.** Основной целью данной работы являлся анализ параметров приземного ветра – направления, скорости и структуры, в районе аэродрома «Гагарин» по данным регулярных и специальных наблюдений, проводимых на аэродроме, и она выполнена в полном объеме.

Средние значения ветра за 2020-2021 гг. показывают, что преобладающим направлением на аэродроме «Гагарин» является 260-280° составляющие 16% от общего числа наблюдений. Также довольно высокая

повторяемость у направлений 080-100° (12%) и 290-310° (14%). Эти направления ветра соответствуют ориентации ВПП. Редко отмечались направления 350-360-010° (4%), 020-040° (4%), 200-220° (3%), которые являются боковыми по отношению к ВПП.

По скорости преобладал ветер в градации 3-5 м/с в более чем в половине случаев. На его долю пришлось 53 % повторяемости. Самым редким по средней скорости стал ветер 18-20 м/с. В целом можно отметить, что в 98% случаев средняя скорость ветра на аэродроме была в пределах от 1 до 10 м/с.

Порывистый ветер отмечался 555 раз, что составляет всего 3 % от общего числа наблюдений. Наиболее часто порывы отмечались с направлением 290-310° - в 19 % случаев. Кроме этого, высока повторяемость порывов у смежных направлений ветра 260-280° (18 %) и 230-250° (13 %). По скорости порывов преобладали значения 15 м/с (18 %) и 14 м/с (15 %). Максимальное значение порыва составляет 23 м/с, и оно зафиксировано 45 раз, что составляет 8 % от общего числа случаев порывистого ветра. Часто ветер с такими порывами отмечался при направлении 320-340°. Минимальным значением скорости ветра в порыве стало 8 м/с.

Итоговые данные могут быть использованы в оперативной работе синоптической группы на аэродроме «Гагарин», а также в методических целях, а именно при составлении климатического описания аэродрома.