



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ условий образования сдвига ветра на аэродроме
Толмачево (г. Новосибирск)»

Исполнитель Астанков Александр Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Волобуева Ольга Васильевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 24 » 06 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Перечень сокращений и обозначений	4
Введение	5
1 Сдвиг ветра и условия его формирования	7
1.1 Метеорологические условия и явления, вызывающие сдвиг	8
1.1.1 ветра	9
1.1.2 Зоны интенсивной конвективной деятельности	10
1.1.3 Инверсии температуры	11
1.1.4 Зоны атмосферных фронтов	12
1.1.5 Низкотропосферные струйные течения	13
Влияние орографии и подстилающей поверхности	
1.2 Виды сдвигов ветра	15
1.2.1 Вертикальный сдвиг ветра	15
1.2.2 Горизонтальный сдвиг ветра	16
2 Физико-географические особенности города Новосибирска и аэропорта Толмачево	17
2.1 Общегеографическая характеристика	17
2.2 Климатические условия	19
2.2.1 Температура воздуха	20
2.2.2 Атмосферные осадки и облачность	20
2.2.3 Ветер	21
3 Оценка метеорологических условий формирования сдвига ветра в зоне аэродрома Толмачево	24
3.1 Анализ бортовых и фактических данных по сдвигу ветра на аэродроме г. Новосибирска	24
3.1.1 Анализ бортовых данных по сдвигу ветра на аэродроме г. Новосибирска	28

	Анализ фактических данных по сдвигу ветра на аэродроме	
3.1.2	г. Новосибирска	29
	Исследование типовых синоптических ситуаций при	
3.2	образовании сдвига ветра	31
	Анализ состояния приземного слоя по данным зондирования	
4	аэропорта Толмачево города Новосибирска	41
	Заключение	
	Список литературы	46
		48

Перечень сокращений и обозначений

ВПП – взлётно-посадочная полоса

ИКАО – Международная организация гражданской авиации

КДП – командно-диспетчерский пункт

МК – магнитный курс

FL – flight level – эшелон полёта

WS – wind shear – сдвиг ветра

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир уже невозможно представить без авиации. Ежегодно гражданские самолеты перевозят около 4 млрд человек. И несмотря на появляющиеся время от времени сообщения об авиакатастрофах, самолеты – один из самых безопасных видов транспорта [1].

Главной задачей метеорологического обслуживания авиации является обеспечение и повышение безопасности на протяжении всех этапов полётов. Сдвиг ветра – это одно из опасных природных явлений для воздушных судов, оно быстро возникает, и определить его достаточно трудно. Отсутствие информации о резких усилениях или ослаблениях ветра до сих пор является одной из причин происшествий при взлёте и посадке, а именно: недолёт до взлётно-посадочной полосы или выкатывание за пределы дальнего конца полосы, выход за нижний или верхний пределы траектории начального набора высоты.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ условий образования сдвига ветра на аэродроме Толмачево (имени Покрышкина) г. Новосибирска. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. создание архива данных о случаях сдвига ветра с помощью бортовой и фактической (METAR) информации за период с 2018 г. по 2023 г.;
2. анализ годового хода сдвига ветра;
3. анализ повторяемости сдвига ветра по высоте, по интенсивности;
4. исследование типовых синоптических ситуаций при образовании сдвига ветра;
5. анализ инверсий при сдвигах ветра.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является аэродром Толмачево города Новосибирска, предметом исследования – сдвиг ветра.

Структура выпускной работы: работа состоит из введения, перечня сокращений и обозначений, четырех глав, которые подразделены на подглавы, заключения, списка использованной литературы.

Первая глава посвящена сдвигу ветра и условиям его формирования, вторая – физико-географическим особенностям города Новосибирска и аэропорта Толмачево. В третьей главе проведена оценка метеорологических условий формирования сдвига ветра в зоне аэродрома Толмачево. В четвертой главе было проанализировано состояние приземного слоя по данным зондирования аэропорта Толмачево города Новосибирска.

1. СДВИГ ВЕТРА И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Сдвиг ветра (англ. Wind Shear) представляет собой векторную разность (или градиент) скоростей воздушного потока между двумя точками пространства, приведённую к расстоянию между ними. Иными словами, это резкое изменение направления и/или скорости ветра на ограниченном участке атмосферы.

Данное явление долгое время оставалось недооценённым в официальной авиационной метеорологии, несмотря на его практическое проявление, известное как «воздушные ямы». Лишь в 1970-х годах, с переходом к эксплуатации более тяжёлых и инерционных воздушных судов, а также с ростом интенсивности полётов, внимание специалистов было всерьёз обращено на проблему сдвига ветра. Резкое увеличение числа авиационных происшествий при взлётах и посадках, причины которых долгое время оставались неясными, стало поводом для углублённого изучения этого фактора [2].

Различают положительный и отрицательный сдвиг ветра. Положительным считается такой профиль, при котором скорость ветра возрастает с увеличением высоты, в то время как при отрицательном — наблюдается её снижение.

В соответствии с рекомендациями ИКАО, сдвиги ветра классифицируются по интенсивности вертикальных потоков. Подробная градация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация сдвигов ветра

Интенсивность сдвига ветра	Вертикальный сдвиг	Высота
Слабый	0-2.0 м/с	30 м
Умеренный	2.1-4.0 м/с	100 м
Сильный	4.1-6.0 м/с	30 м
	13–20 м/с	100 м
Очень сильный	>6 м/с	30 м
	>20 м/с	100 м

Изменения скорости и (или) направления ветра в пределах определённого слоя атмосферы нередко сопровождаются турбулентностью и выраженными вертикальными потоками. В совокупности такие условия представляют серьёзную угрозу для полётов и классифицируются как опасные внешние воздействия среды (ОВВС) [2].

В соответствии с действующими нормативами, регулирующими полёты над территорией стран СНГ, критическим значением сдвига ветра, при котором выполнение взлёта и посадки категорически запрещается, считается изменение скорости ветра на 5 м/с в пределах 30 метров по высоте. Подобный уровень считается серьёзной угрозой для безопасности полётов и требует немедленного реагирования со стороны экипажа и наземных служб.

1.1. Метеорологические условия и явления, вызывающие сдвиг ветра

Наиболее вероятные участки возникновения сильных сдвигов ветра и турбулентности связаны с зонами активной конвективной деятельности, наличием температурных инверсий, а также с прохождением атмосферных фронтов и струйных течений. Кроме того, существенное влияние на формирование подобных явлений оказывает рельеф местности (орография), который может способствовать возникновению локальных ветровых сдвигов и усилению турбулентности.

1.1.1. Зоны интенсивной конвективной деятельности

При сильной термической неустойчивости возникают интенсивные вертикальные движения воздуха (восходящие и нисходящие), что приводит к образованию кучево-дождевых облаков и связанных с ними таких опасных для авиации явлений погоды, как грозы, град, шквал, турбулентность.

При сильных нисходящих движениях в зоне выпадения ливневых осадков, поток воздуха, достигая поверхности земли, расходится в стороны от грозового облака, вокруг которого образуются области с сильным сдвигом ветра. Это явление носит название «микропорыв» (рис. 1.1).

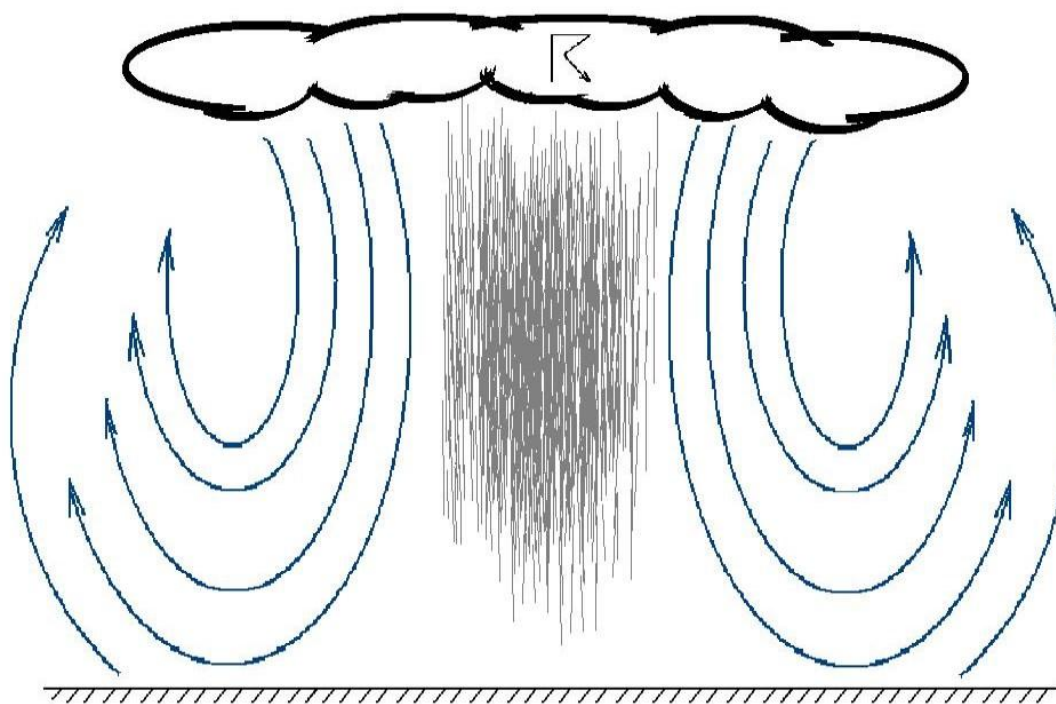


Рис. 1.1 – Микропорыв в зоне кучево-дождевого облака

Перед наступающей массой холодного воздуха происходит вынужденное восходящее движение тёплого воздуха. На границе между ними формируется узкая зона, характеризующаяся резкими изменениями скорости и направления ветра как в горизонтальной, так и в вертикальной

плоскости, а также выраженными вертикальными потоками и интенсивной турбулентностью. Эта зона получила название **«фронт порывов»** (см. рис. 1.2) [4].

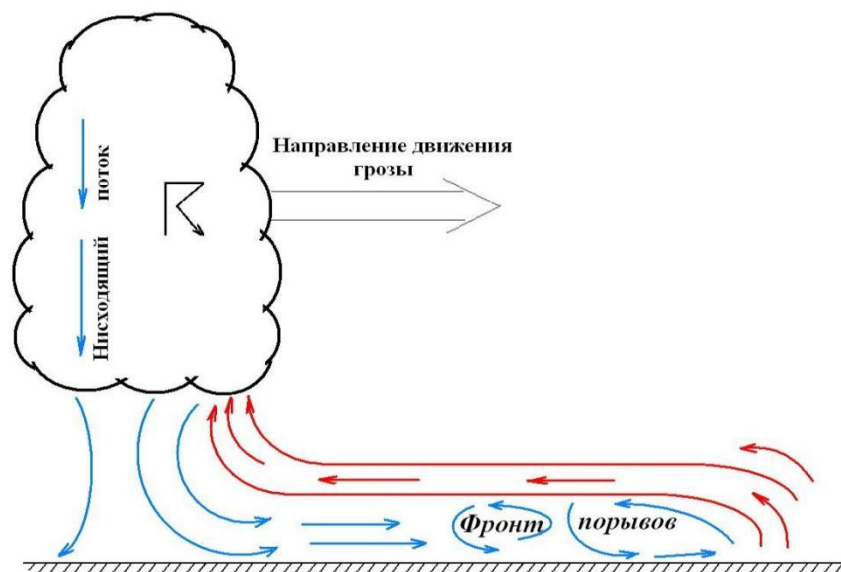


Рис. 1.2 – Фронт порывов

Фронт порывов возникает на расстоянии от 10 до 30 км перед самым грозовым облаком, в области фронта порывов наблюдаются резкие изменения направления ветра. Одним из признаков фронта порывов может служить такое явление, как вирга.

При охлаждении воздуха при нисходящих движениях может возникать такое явление, как вирга – испарение падающих капель в воздухе, т.е. до земли они не долетают.

1.1.2 Инверсии температуры

Устойчивое вертикальное распределение температуры, особенно при наличии слоёв инверсии или изотермии, способствует выраженному расслоению воздушных потоков и формированию значительных вертикальных сдвигов ветра. Такие условия создают предпосылки для резких изменений характеристик воздушного потока на разных высотах. Особенно

важно учитывать это при заходе на посадку: температурные инверсии, как правило, сопровождаются снижением скорости встречного ветра, что может повлиять на безопасность выполнения посадочного манёвра [5].

Выделяют следующие основные типы температурных инверсий:

- радиационные (формирующиеся преимущественно в ночное время из-за охлаждения земной поверхности);
- орографические (связанные с особенностями рельефа);
- адвективные (обусловленные поступлением воздушных масс с различными термическими характеристиками).

1.1.3 Зоны атмосферных фронтов.

При приближении холодного фронта возникает вынужденная динамическая конвекция, сопровождаемая развитием мощных кучево-дождевых облаков, что провоцирует ливни, грозовые разряды, резкие порывы ветра и турбулентность, включая феномен «фронтальных порывов». В летний дневной период эти явления могут значительно усиливаться за счёт накладывающейся термической конвекции. Наиболее интенсивные вертикальные сдвиги ветра (с величиной, превышающей 5 м/с на высоте около 30 м) характерны именно для фронтальной зоны холодного фронта. При этом в верхних слоях атмосферы, несмотря на высокие скорости ветра, формируется относительно выровненный вертикальный профиль с минимальными вертикальными сдвигами. Оценка вертикальных сдвигов ветра в нижнем 100-метровом слое над равнинной местностью производится с использованием специальных графиков, учитывающих температурные контрасты и скорость перемещения фронта.

В случае теплых фронтов основным фактором риска выступает вертикальный сдвиг ветра, тогда как значительные горизонтальные сдвиги, вертикальные потоки и турбулентность проявляются сравнительно редко [6].

В области теплого фронта сильные сдвиги ветра наблюдаются в пограничном слое, обусловленные изменениями направления и скорости ветра с высотой.

Усиление вертикальных сдвигов особенно вероятно при скорости ветра в нижних 500 м, превышающей 20 м/с, и резком повороте направления ветра на 30° и более в пределах первого 100-метрового слоя. В летний период здесь возможны формирование мощных кучево-дождевых облаков, провоцирующих активные конвективные явления.

На фронтах окклюзии отмечается резкое возрастание турбулентности, значительные вертикальные и горизонтальные сдвиги ветра, а также выраженные вертикальные потоки, что сочетается с общим повышением уровня турбулентности в нижних слоях атмосферы. В данной зоне наблюдается смешение и перераспределение метеоэлементов, а также проявляются типичные характеристики фронтальной зоны, определяемой типом фронта, вызвавшего окклюзию [6].

1.1.4 Низкотропосферные струйные течения

В приземном слое атмосферы часто формируются так называемые «мезоструи» — интенсивные локальные струйные течения, возникающие под воздействием различных факторов, включая фронтальные процессы, связанные с циклональной динамикой. Скорость таких течений может превышать 30 м/с, при этом они способны сохраняться в течение суток и распространяться на расстояния, исчисляемые сотнями километров. В зоне теплых фронтов мезоструи преимущественно локализуются на высотах от 300 до 1000 метров, распространяясь в радиусе 150–200 км от линии фронта. Для холодных фронтов характерно менее частое, но также возможное появление струйных течений на аналогичных высотах как впереди фронта, так и позади него.

Оригинальным источником струйных течений являются орографические процессы, вызывающие местные циркуляции на высотах

порядка 100–200 м с максимальными скоростями около 10 м/с. В ситуациях, когда фронтальные и орографические механизмы взаимодействуют, формируются смешанные струйные течения, скорость которых может превышать 30 м/с. Управление воздушным судном в таких условиях представляет значительные трудности: резкие изменения скорости ветра при взлете и посадке, а также возможность возникновения мезоструй на фоне низкой облачности и тумана существенно снижают видимость и увеличивают риск пилотирования [7].

1.1.5 Влияние орографии и подстилающей поверхности

В горной местности сдвиги ветра имеют большую интенсивность по сравнению с равнинной. Воздух, обтекая горное препятствие, поднимается вверх с наветренной стороны, при этом увеличиваются сдвиги ветра (и горизонтальные, и вертикальные), а также турбулентность (рис. 1.3).

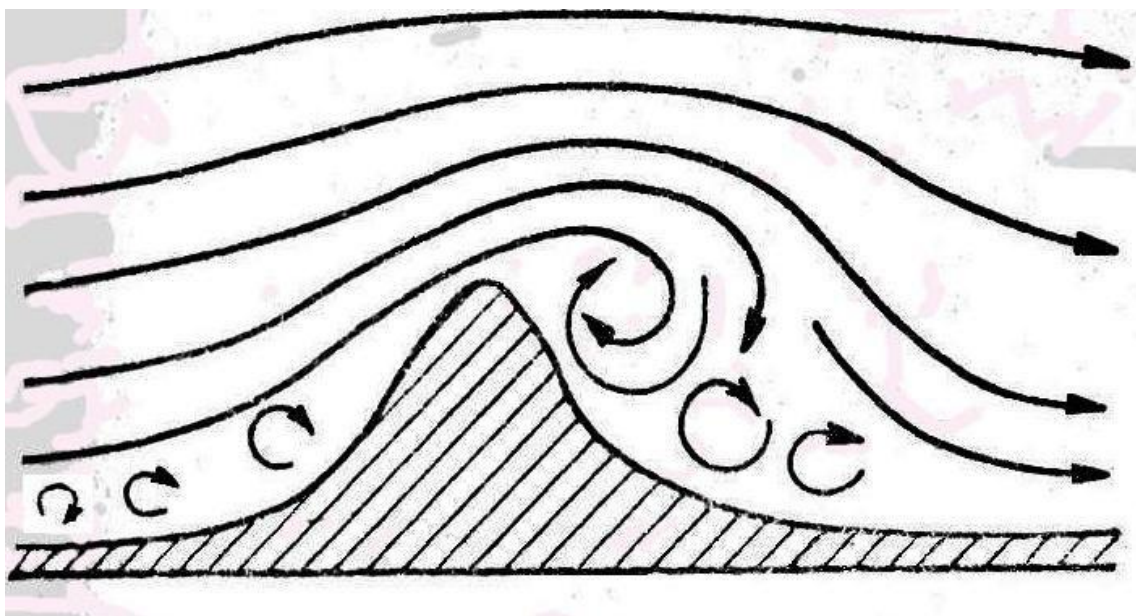


Рис. 1.3 – Образование вихрей при срыве воздушного потока

На равнинных аэродромах при скорости ветра у поверхности воздуха, превышающей 15 м/с, в приземном слое часто формируются значительные

сдвиги ветра и турбулентные потоки. Основными факторами, вызывающими эти явления, служат мелкие неровности рельефа и крупные сооружения, расположенные вблизи взлётно-посадочной полосы (ВПП). Аналогично, резкие изменения характеристик поверхности, например, переход от водного зеркала к суше или от лесистой зоны к открытому полю, также способствуют возникновению горизонтальных сдвигов и зон повышенной турбулентности.

Особое внимание заслуживают роторные вихри с горизонтальной осью вращения и радиусом, превышающим 100 метров. В таких вихрях могут образовываться мощные вертикальные потоки воздуха со скоростью свыше 10 м/с. При высокой влажности на подветренной стороне данных вихрей часто формируются характерные облачные структуры — шапкообразные, вихревые, линзообразные и перламутровые облака, которые служат для пилотов наглядным предупреждением о наличии интенсивных сдвигов ветра и потенциально опасной турбулентности (см. рис. 1.4).

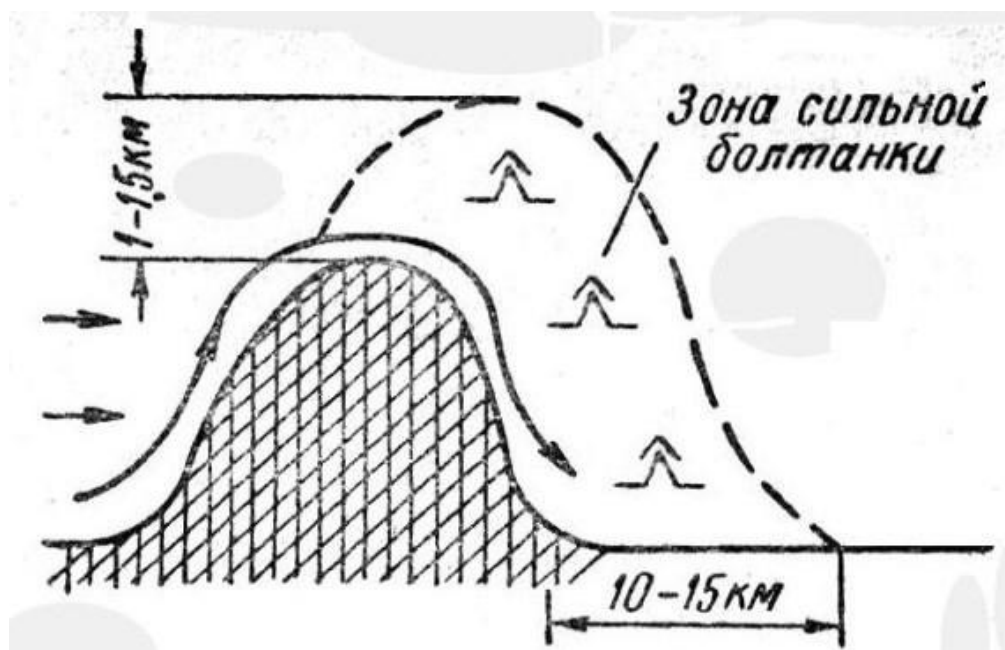


Рис. 1.4 – Образование сильной болтанки на подветренной стороне
возвышенности

Зона, на которую распространяется деформация воздушного потока, так называемые роторы) достигает 2-5-кратной высоты возвышенности, при которых максимальные сдвиги ветра наблюдаются на подветренной стороне.

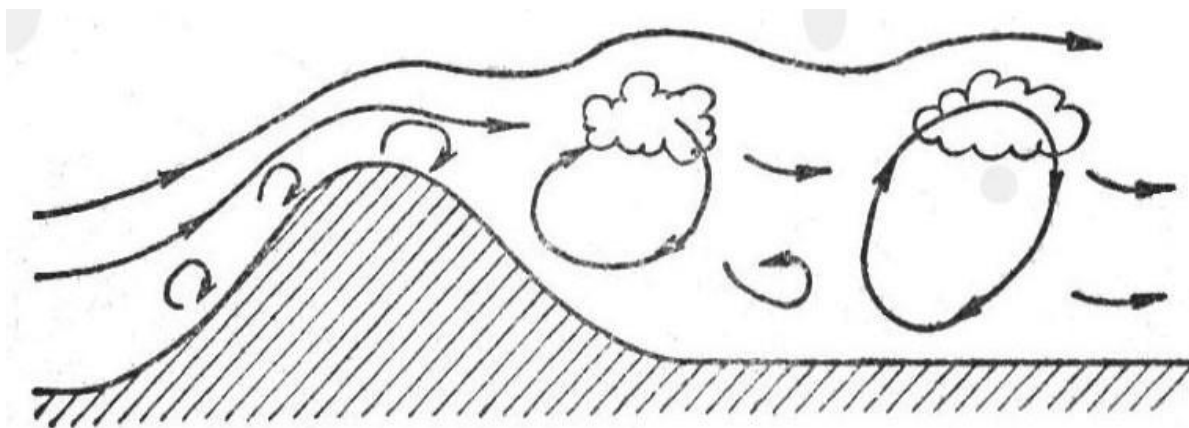


Рис. 1.5 – Зона возмущенного потока, образующаяся в горной местности

1.2 Виды сдвигов ветра

1.2.1 Вертикальный сдвиг ветра

Особую опасность при сдвиге ветра представляют резкие изменения его вертикальных компонентов, обусловленные нисходящими потоками, - микропорывами. При таких явлениях мощные нисходящие воздушные потоки прорываются сквозь нижнюю границу облачности, достигают поверхности земли и распространяются от точки падения в разные стороны радиально. На рисунке 1.6 иллюстрируется влияние микропорыва на летательный аппарат, демонстрируя характерные особенности этого опасного метеоявления.

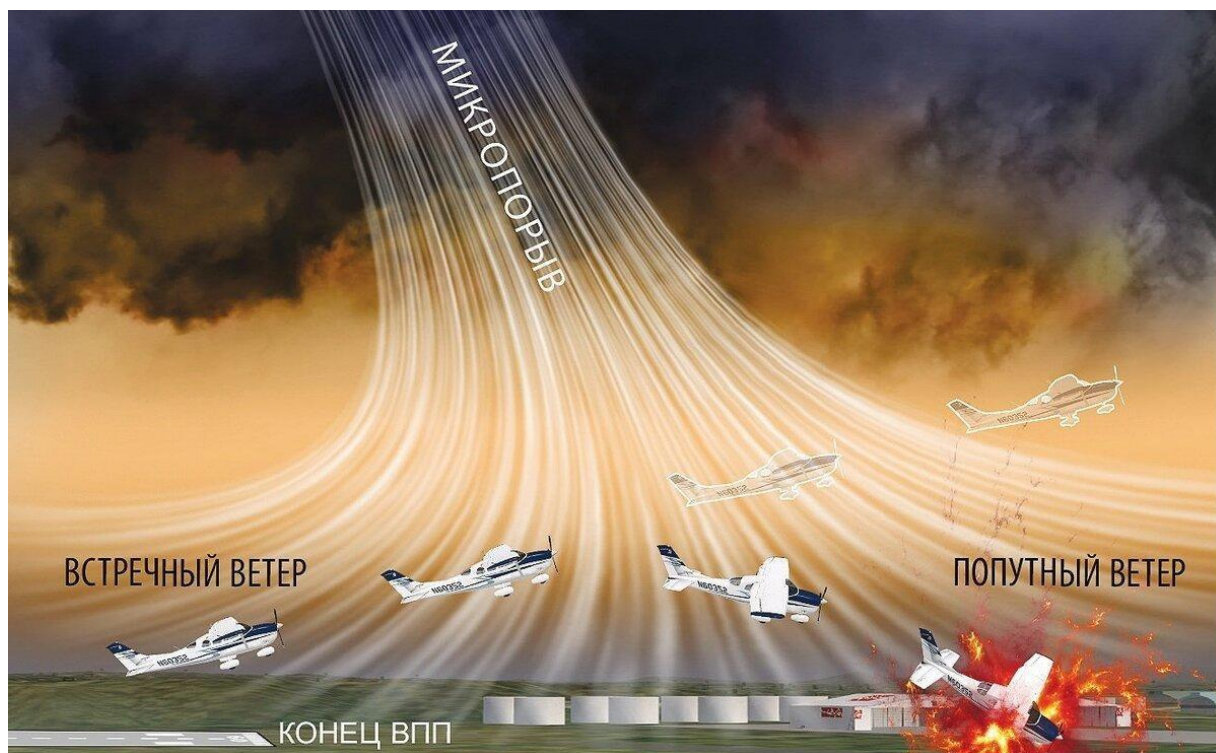


Рис. 1.6 – Воздействие микропорыва на воздушное судно

Влияние нисходящих потоков на воздушное судно во многом определяется конструктивными особенностями самолёта, силой микропорыва и положением нисходящего потока относительно траектории полёта. В момент столкновения с нисходящим порывом воздушное судно испытывает резкое воздействие встречного ветра, что существенно осложняет управление и может представлять серьёзную опасность [8].

1.2.2 Горизонтальный сдвиг ветра

Горизонтальный сдвиг бывает боковой и по потоку.

Ширина зоны при боковом сдвиге ветра примерно 100-150 км, болтанки: 200-300 км. При сдвиге ветра по потоку, турбулентные зоны располагаются в местах сходимости и расходимости потоков.

2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА И АЭРОПОРТА ТОЛМАЧЕВО

2.1 Общегеографическая характеристика

Город Новосибирск располагается вдоль реки Обь, на Западно-Сибирской равнине (рис. 2.1).

Аэропорт Толмачево является одним из крупнейших в России, с двумя действующими полосами, возможность принимать и отправлять как большие воздушные суда, так и малую авиацию. Пассажиропоток по итогам 2024 года составил 9,299 млн. пассажиров [9].



Рисунок 2.1 – Местоположение Новосибирска и аэропорта Толмачево

На рисунке 2.2 представлена схема размещения взлетно-посадочных полос на аэродроме Толмачево.

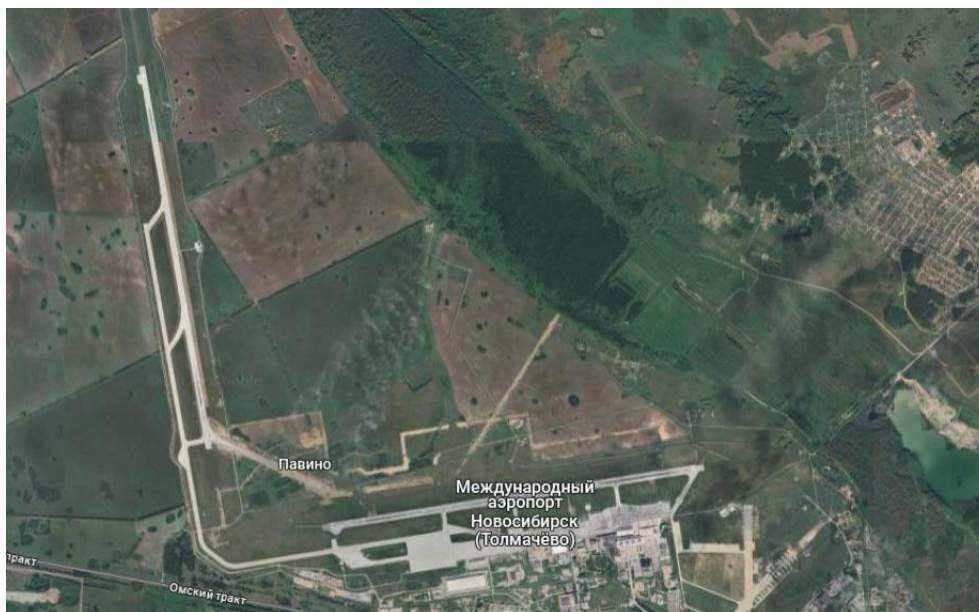


Рисунок 2.2 – Схема размещения взлетно-посадочных полос на аэродроме
Новосибирск (Толмачево)

В аэропорту Толмачёво функционируют две взлётно-посадочные полосы с современным оборудованием и параметрами:

1. ВПП 07/25 (осевые направления 070° и 250°): •
Длина — 3597 метров
 - Ширина — 60 метров
 - Покрытие — асфальтобетонное
 - Свободные зоны безопасности протяжённостью по 400 метров с каждой стороны
 - Курсо-глиссадная система (ILS) 1-й категории с рабочей зоной 60 × 800 м
 - Приводные радиомаяки (NDB, OM, MM) и современные светосигнальные системы
2. ВПП 16/34 (осевые направления 160° и 340°): •
Длина — 3602 метра
 - Ширина — 45 метров •
 - Покрытие — бетонное

- Для ВПП 16 предусмотрена курсо-глиссадная система ILS 2-й категории с зоной 30×350 м

- Для ВПП 34 установлена ILS 1-й категории с зоной 60×800 м

Обе взлётно-посадочные полосы аэропорта способны принимать все категории воздушных судов без ограничений по массе, включая тяжёлые лайнеры, такие как Ил-96, Ту-214, Ан-124, Boeing 777 и гигант Airbus A380. При одновременном использовании обеих полос пропускная способность аэропорта достигает до 40 взлётно-посадочных операций в час.

Город, на территории которого расположен аэропорт, находится на прочном твердоскальном фундаменте, покрытом осадочными породами — глинами, галькой и песком. В некоторых местах поверхность осложнена выступами фрагментов Томь-Колыванской складчатой зоны, что отражает сложную геологическую структуру региона.

Территория характеризуется медленным поднятием земной коры, из-за чего возможны небольшие землетрясения силой 2-3 балла. Последнее землетрясение произошло 10 января 2025 года с магнитудой 3-4 балла.

2.2 Климатические условия

Территория исследования характеризуется зоной континентального климата. Его климатические особенности во многом определяются географическим положением города, что обуславливает ярко выраженную континентальность азиатского климата, несмотря на некоторое влияние Атлантического океана, которое смягчает температурные колебания. Равнинный ландшафт способствует свободному проникновению холодных воздушных масс с севера и теплых — с юго-запада. В результате зимой здесь могут наблюдаться как резкие морозы, так и кратковременные периоды потепления.

2.2.1 Температура воздуха

Среднегодовая температура воздуха в г. Новосибирск составляет $0,7^{\circ}\text{C}$, при том январь – самый холодный месяц года со среднемесячной температурой воздуха $18,3^{\circ}\text{C}$, самый теплый июль – $18,3^{\circ}\text{C}$ [10].

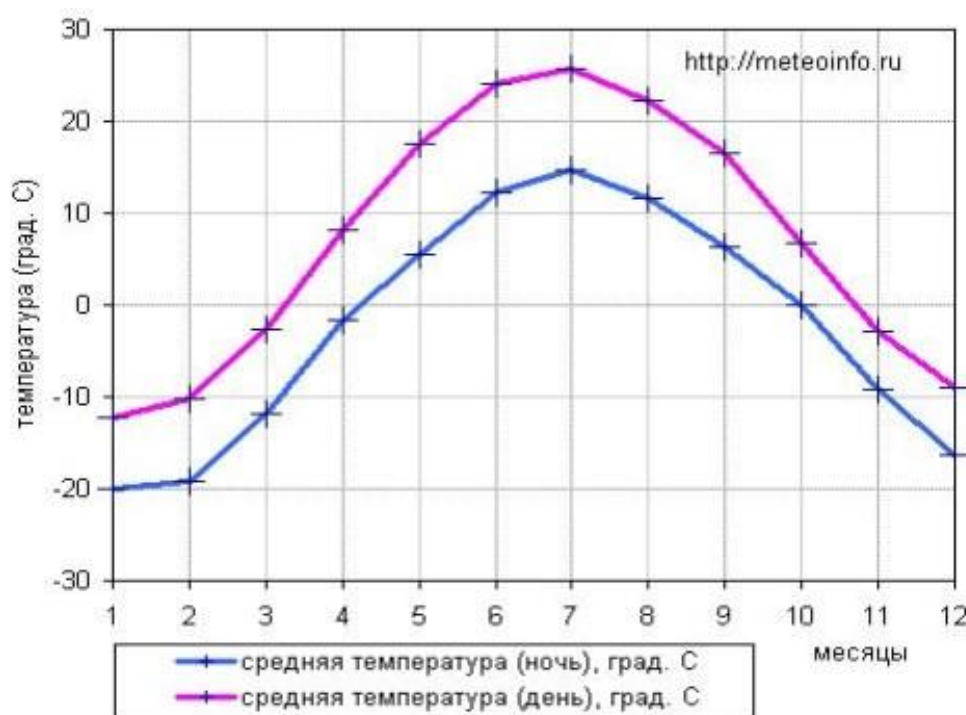


Рисунок 2.2 – Годовой ход температуры воздуха

2.2.2 Атмосферные осадки и облачность

Количество осадков в среднем за год выпадает около 440 мм. Большая часть осадков (330 мм) выпадет в теплый период, т.к. зимой достаточно частая картина – блокирующий антициклон.

Минимум осадков приходится на февраль, март (рис. 2.3).

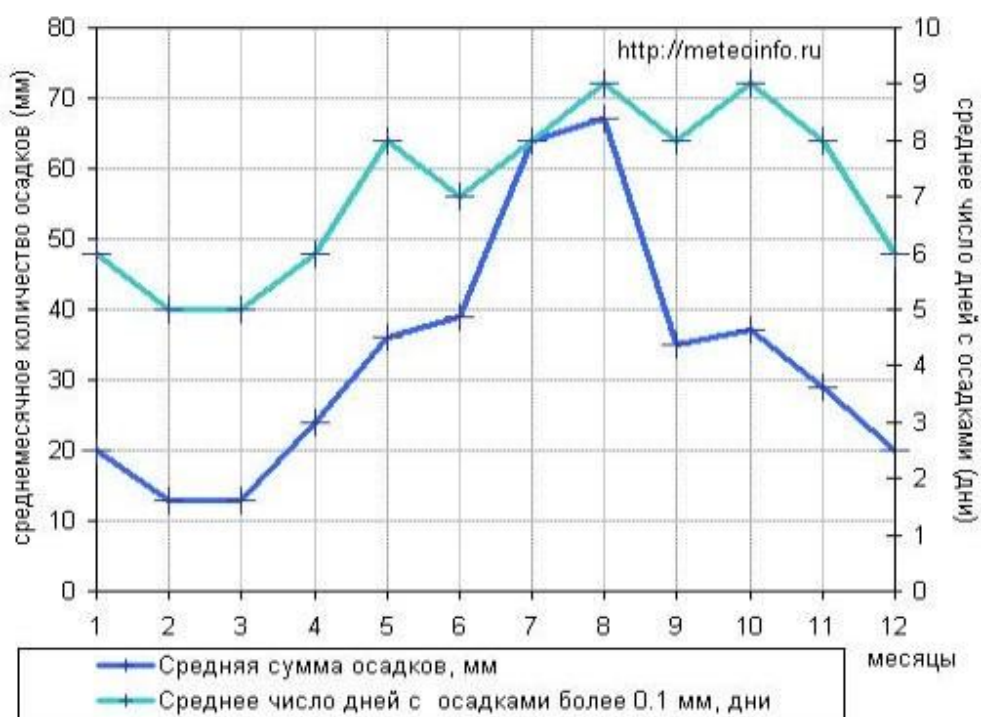


Рисунок 2.3 – Годовой ход количества осадков

За год в Новосибирске наблюдается в среднем около 170 пасмурных и 22 полностью ясных дней по показателям общей облачности. Однако по нижней облачности картина обратная — приблизительно 168 дней считаются ясными, тогда как пасмурных насчитывается около 49. В аномально теплом 2002 году зарегистрировано рекордное количество пасмурных дней по общей облачности — 205, что типично для мягких зим с преобладанием циклонической активности.

Минимум ясных дней по общей облачности был зафиксирован в 2008 году — всего 7. В целом, уровень общей облачности за анализируемый период остаётся практически стабильным, тогда как нижняя облачность демонстрирует лишь незначительную тенденцию к росту (см. рис. 2.4).

2.2.3 Ветер

Южное и юго- западное направления ветра в Новосибирске являются преобладающими (рис. 2.6).

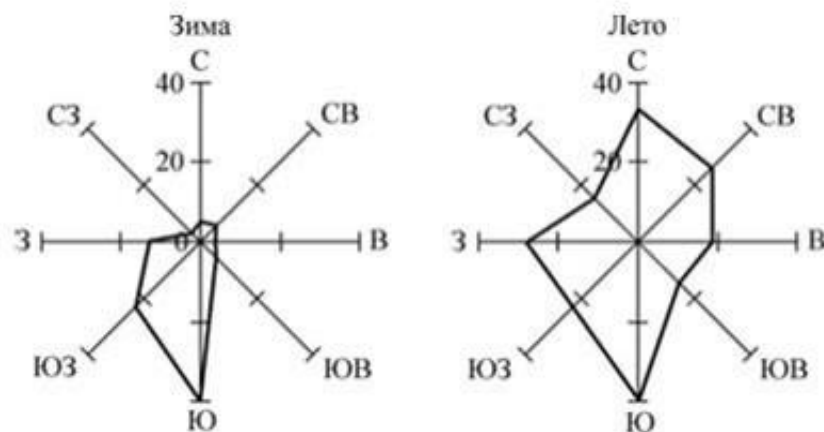


Рисунок 2.6 – Повторяемость направлений ветра

В течение зимнего сезона в регионе наиболее часто фиксируются ветры южного направления, их доля составляет порядка 42–45%. Существенную роль также играют юго-западные ветры, на которые приходится около 22% всех наблюдений. Ветры иных направлений встречаются значительно реже — их доля колеблется от 2 до 7%. Западные ветры отмечаются чаще других «редких» направлений — до 11% случаев.

Сезонные изменения приводят к перестройке барического поля, вследствие чего возрастает доля северных ветров. Тем не менее, южные направления сохраняют лидерство по частоте. Безветренные периоды фиксируются нечасто: их доля составляет около 4–7% в зимние месяцы и возрастает до 8–11% летом.

Скоростной режим ветра формируется под влиянием конфигурации барического поля. В течение года минимальные значения скорости наблюдаются летом, когда атмосферная циркуляция ослабевает. Так, в июле средняя скорость ветра составляет около 2,3 м/с и не превышает 2,7 м/с в летние месяцы и сентябре. Зимой же наблюдается увеличение: значения достигают 3,4–3,8 м/с. Среднегодовая скорость ветра оценивается в 3,1 м/с.

Средние месячные значения могут отклоняться от климатической нормы в диапазоне 0,5–2,2 м/с, годовые — в пределах 0,4–0,6 м/с. Самым спокойным зимним месяцем за весь период наблюдений стал февраль 2012

года, когда скорость ветра снизилась до 1,2 м/с. Максимальные среднесуточные скорости ветра варьируют в пределах 10–16 м/с, тогда как порывистый ветер может достигать 20–25 м/с и даже достигать экстремального значения в 28 м/с, как это было зафиксировано в апреле 2011 года.

3. ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СДВИГА ВЕТРА В ЗОНЕ АЭРОДРОМА ТОЛМАЧЕВО

3.1 Анализ бортовых и фактических данных по сдвигу ветра на аэродроме г. Новосибирска

Наблюдения за ветром на аэродроме Толмачево проводятся с помощью датчиков ветра, расположенными в районе ВПП, информация о сдвиге ветра заносится в сводки фактической погоды. Также поступают сообщения с бортов воздушных судов о наличии сдвига ветра.

Используя архив данных бортовой погоды и данные журнала, который находится в оперативной работе у синоптика, был создан архив данных о случаях сдвига ветра. Ниже на рисунке 3.1 представлен фрагмент архива журнала бортовой погоды.

Данные архива бортовой погоды с 01.01.2017 по 31.03.2023					
№	Индекс ИКАО	Дата	Время	Заголовок сообщения	Текст сообщения
31.03.2023					
41864	UNNT	31.03.2023	21:58:00	БПРА15 НВАЦ 312201	WX UNNT 312158 S75054 010/10KT OBS AT 2158Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41863	UNNT	31.03.2023	19:55:00	БПРА15 НВАЦ 311956	WX UNNT 311955 TUP9627 030/11KT OBS AT 1955Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41862	UNNT	31.03.2023	18:22:00	БПРА15 НВАЦ 311822	WX UNNT 311822 S75006 035/12KT OBS AT 1821Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41861	UNNT	31.03.2023	18:01:00	БПРА15 НВАЦ 311801	WX UNNT 311801 G6435 050/14KT OBS AT 1800Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41860	UNNT	31.03.2023	14:53:00	БПРА15 НВАЦ 311453	WX UNNT 311453 S75104 360/15KT OBS AT 1453Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41859	UNNT	31.03.2023	14:13:00	БПРА15 НВАЦ 311414	WX UNNT 311413 HZ5642 350/14KT OBS AT 1413Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41858	UNNT	31.03.2023	13:55:00	БПРА15 НВАЦ 311355	WX UNNT 311355 S75046 360/18KT OBS AT 1354Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41857	UNNT	31.03.2023	13:21:00	БПРА15 НВАЦ 311322	WX UNNT 311321 CPK9804 FBL TURB OBS AT 1321Z N5516E07916 ПЦ-1 FL340=
41856	UNNT	31.03.2023	13:03:00	БПРА15 НВАЦ 311303	WX UNNT 311303 UTA138 360/25KT OBS AT 1302Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41855	UNNT	31.03.2023	12:02:00	БПРА15 НВАЦ 311202	WX UNNT 311202 S75336 350/15KT OBS AT 1202Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41854	UNNT	31.03.2023	11:15:00	БПРА15 НВАЦ 311116	WX UNNT 311115 IRA123 350/15KT OBS AT 1115Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41853	UNNT	31.03.2023	10:59:00	БПРА15 НВАЦ 311059	WX UNNT 311059 08854 040/43KLM OBS AT 1059Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41852	UNNT	31.03.2023	09:11:00	БПРА15 НВАЦ 310912	WX UNNT 310911 HY669 350/12KT OBS AT 0911Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41851	UNNT	31.03.2023	08:01:00	БПРА15 НВАЦ 310802	WX UNNT 310801 S75348 330/14KT OBS AT 0801Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41850	UNNT	31.03.2023	07:56:00	БПРА15 НВАЦ 310757	WX UNNT 310756 S75027 MOD TURB OBS AT 0756Z N5516E07930 ПЦ-1 FL330/FL340=
		→		UARA61 RUNW 310757	ARS S75027 MOD TURB OBS AT 0756Z N5516E07930 FL330/340=
41849	UNNT	31.03.2023	06:26:00	БПРА15 НВАЦ 310627	WX UNNT 310626 S75350 FBL WS RWY25 OBS AT 0626Z NOVOSIBIRSK=
41848	UNNT	31.03.2023	05:57:00	БПРА15 НВАЦ 310557	WX UNNT 310557 URA410 340/16KT OBS AT 0557Z NOVOSIBIRSK=
41847	UNNT	31.03.2023	05:18:00	БПРА15 НВАЦ 310522	WX UNNT 310518 S75258 WS RVY25 OBS AT 0518Z NOVOSIBIRSK=
41846	UNNT	31.03.2023	04:49:00	БПРА15 НВАЦ 310449	WX UNNT 310449 S75204 360/20KT OBS AT 0449Z NOVOSIBIRSK 0700M=
41845	UNNT	31.03.2023	02:52:00	БПРА15 НВАЦ 310252	WX UNNT 310252 MIR589 350/29KT OBS AT 0252Z NOVOSIBIRSK 0700M=

Рисунок 3.1 – Фрагмент архива журнала бортовой погоды

По данным, созданного архива, были выбраны случаи сдвига ветра за период 2022-2023 гг.

Среди 85 зафиксированных случаев сдвига ветра: 2 случая были связаны с сильной интенсивностью (22.06.2022 и 27.06.2022), в то время как остальные 83 случая относились к умеренной интенсивности. Наибольшее количество сдвигов ветра наблюдалось в ночное время – 32 случая, а 25 случаев произошли в утренние часы.

В дневное время зафиксировано 18 случаев, в вечернее – 10 случаев. Март, май, июнь, октябрь и ноябрь были наиболее активными месяцами по количеству наблюдений.

44 случая сдвига ветра наблюдалось у поверхности земли, интенсивность умеренная.

30 октября был зафиксирован сдвиг ветра умеренной интенсивности в 6:50 UTC на высоте 100 м. 15 января аналогичный сдвиг наблюдался в 13:41 UTC на уровне между земной поверхностью и 200 м.

17 января в 4:47 UTC, 6 марта в 2:33 UTC, 19 апреля в 2:51 UTC и 14 ноября в 15:14 UTC также были зарегистрированы сдвиги ветра умеренной интенсивности на высоте до 300 м (FL010).

10 марта и 16 сентября сдвиги ветра умеренной интенсивности были зафиксированы на высоте 300 м (FL010) в 3:16 и 7:33 UTC соответственно.

Кроме того, 7 марта в 10:22 UTC, 20 октября в 5:32 UTC и 6 ноября в 12:12 UTC наблюдались сдвиги ветра умеренной интенсивности между земной поверхностью и высотой 500 м.

В диапазоне от земной поверхности до 600 м (FL020) было зарегистрировано 11 случаев сдвига ветра умеренной интенсивности, большинство из которых происходило в дневное время. Также 22 июня в 15:49 UTC был отмечен 1 случай сдвига ветра сильной интенсивности.

7 июня в 12:42 UTC был зарегистрирован сдвиг ветра умеренной интенсивности на высоте 600 м (FL020). 30 июня в 7:41 UTC также наблюдался сдвиг ветра умеренной интенсивности, но уже на высоте 700 м.

6 марта в 2:48 UTC и 23 октября в 1:20 UTC фиксировались сдвиги ветра умеренной интенсивности в диапазоне от земной поверхности до 900 м (FL030).

27 июня в 1:40 UTC был зафиксирован сильный сдвиг ветра между эшелонами FL150 и FL170, что соответствует высотам 4500 м и 5100 м.

Из всех 142 зарегистрированных случаев сдвига ветра все относились к умеренной интенсивности. Наибольшее количество сдвигов наблюдалось в дневное время – 78 случаев, в утренние часы зафиксировано 48 случаев. В вечернее и ночное время произошло 16 случаев. Май и июнь оказались наиболее активными месяцами по количеству наблюдений, в то время как февраль и август были наименее активными.

126 случаев сдвига ветра наблюдалось у поверхности земли (SFC).

14.01 в 14:17 UTC и 16.01 в 5:00 UTC зафиксированы сдвиги ветра на высоте между земной поверхностью и 300 м.

14.01 в 14:04 UTC, 26.01 в 21:41 UTC, 02.03 в 10:28 UTC, 24.03 в 20:06 UTC и 03.12 в 3:51 UTC были зарегистрированы сдвиги ветра на высоте между земной поверхностью и 500 м.

Между земной поверхностью и 600 м (FL020) наблюдалось 8 случаев сдвига ветра умеренной интенсивности, большинство случаев приходилось на дневное время.

26 января в 22:45 UTC был отмечен 1 случай сдвига ветра на высоте между земной поверхностью и 700 м.

В таблице 2 и на рисунке 3.2 представлены данные по количеству различной интенсивности сдвига ветра и их повторяемость за период с 2018 по 2023 г.

Таблица 2 – Количество случаев сдвига ветра различной интенсивности за период 2018-2023 гг. по данным датчиков

Сдвиг ветра	Год						Сумма, ед	Повторяемость, %
	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
FBL WS	16	30	31	25	36	22	160	47
MOD WS	14	36	27	43	33	21	174	51
SEV WS	2	1	1	0	2	0	6	2
Итого	32	67	59	68	71	43	340	100

За период 2018-2023 гг. по данными датчиков ветра было зафиксировано 340 случаев сдвига ветра. Среди них случаев слабой интенсивности – 160, умеренной – 174 и сильной – 6 случаев.

Максимальное количество случаев сдвига ветра умеренной интенсивности наблюдалось в 2021 году, при это случаи сильной интенсивности распределены примерно одинаково – в среднем 1 случай.

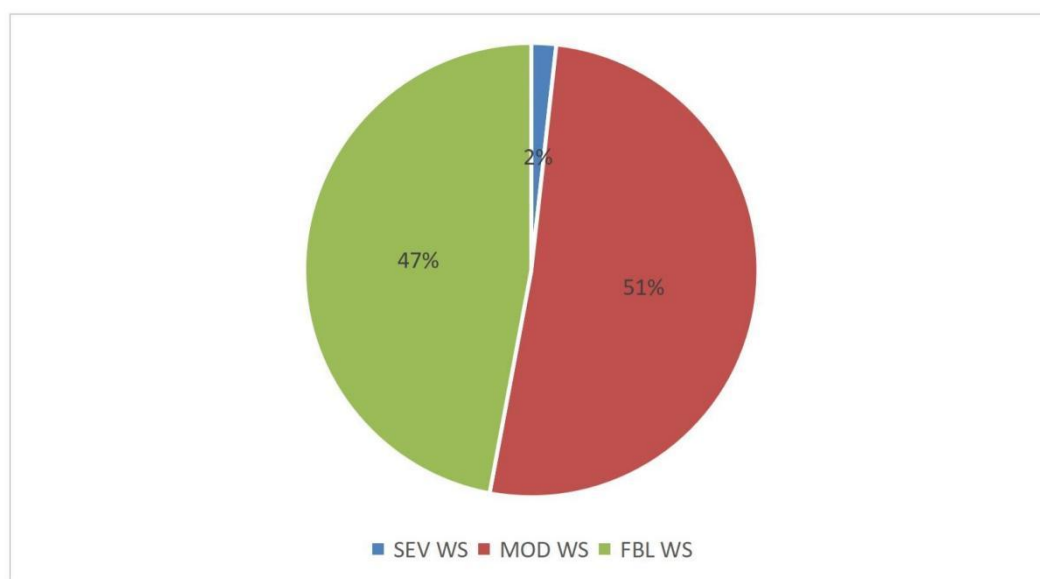


Рисунок 3.2 – Повторяемость случаев сдвига ветра по интенсивности на аэродроме г. Новосибирск (Толмачево) за период 2018–2023 гг.

3.1.1 Анализ данных бортовой погоды по сдвигу ветра на аэродроме г. Новосибирска

Данные о количестве случаев и частоте сдвига ветра по эшелонам, основанные на бортовой погоде, представлены в таблице 3 и иллюстрированы на рисунке 3.3.

Таблица 3 – Количество случаев сдвига ветра по эшелонам

Сдвиг ветра	Эшелон полета				Сумма, ед
	0-700 м	701-1500 м	1501-3000 м	>3000 м	
FBL WS	147	9	2	1	159
MOD WS	166	10	0	0	176
SEV WS	4	0	0	1	5
Итого:	317	19	2	2	340
Повторяемость:	93	6	1	1	100%

Сдвиги ветра в значительной степени фиксировались (см. рис. 3.3) в диапазоне от земной поверхности до 700 метров, составив 93% от общего числа наблюдений: 147 случаев сдвига слабой интенсивности, 166 случаев умеренной интенсивности и 4 случая сильной. В диапазоне высот от 700 до 1500 метров было зарегистрировано 9 случаев слабой интенсивности и 10 случаев умеренной. На высотах выше 1500 метров сдвиги ветра практически не наблюдались, всего зафиксировано 4 случая: 3 из них относились к слабой интенсивности, а 1 – к сильной.

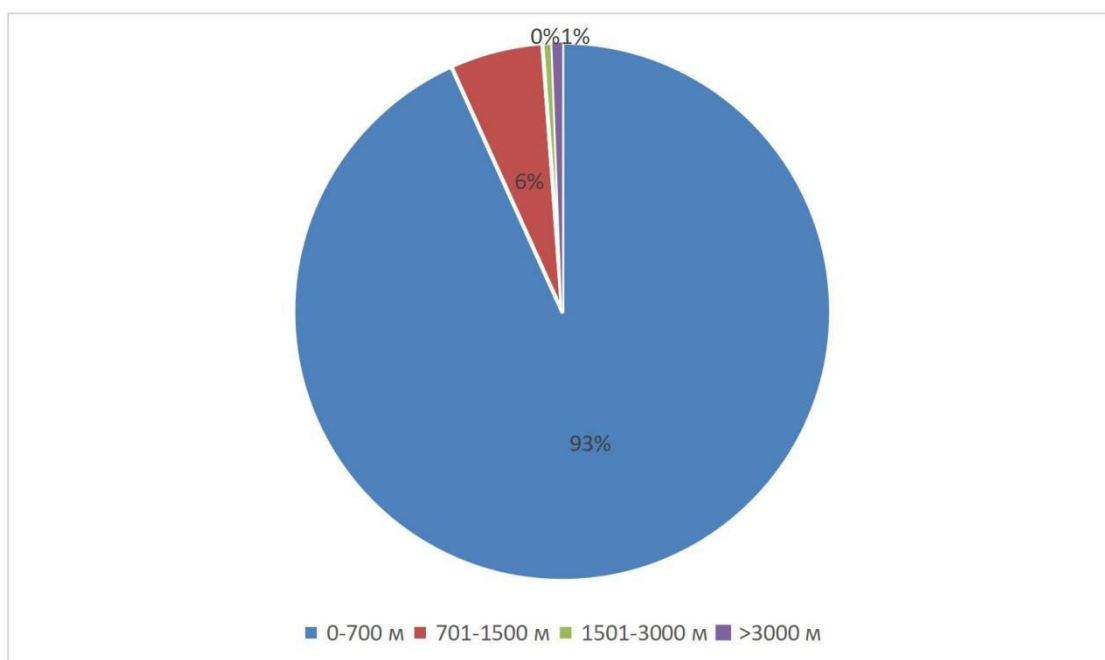


Рисунок 3.3 – Повторяемость случаев сдвига ветра по эшелонам на аэродроме г. Новосибирск (Толмачево) за период 2018–2023 гг.

3.1.2 Анализ фактических данных по сдвигу ветра на аэродроме г. Новосибирска

Аэропорт Толмачёво располагает двумя взлётно-посадочными полосами, которые расположены перпендикулярно друг к другу, и каждая из них имеет длину 3,6 км. Данные о ветре поступают от приборов, установленных в 160 м от ВПП в зонах приземления МК-252 и МК-72 ИВПП 07/25, МК-161 и МК-341 ИВПП 16/34 (см. рис 3.3). Приборы установлены на высоте 10 метров.

Ветер на высоте круга определяется по прогностическим данным, фактическим данным по запросу от экипажей воздушных судов. На ИВПП 07/25 оценка сдвига ветра производится по дополнительному датчику ветра (50 м), расположенному на здании командно-диспетчерского пункта (КДП) [12].

На рисунке 3.4 показан годовой ход сдвига ветра по данным журнала фактической погоды АВ-6 на аэродроме Толмачево за период 2018-2023 гг.

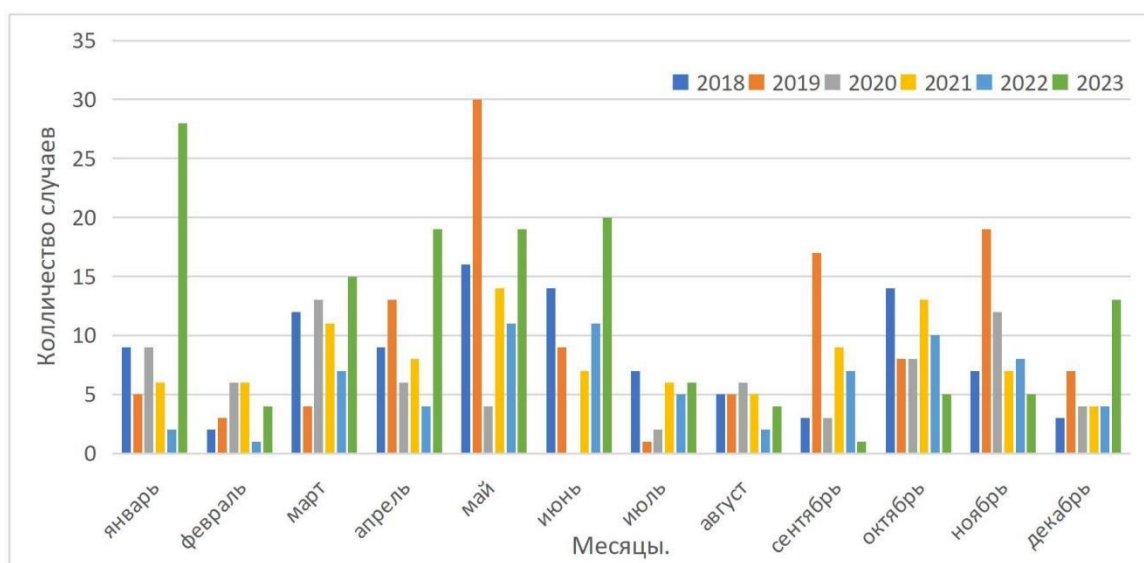


Рисунок 3.4 – Годовой ход сдвига ветра по данным журнала фактической погоды АВ-6 на аэродроме Толмачево за период 2018-2023 гг.

На представленном выше графике динамики сдвига ветра особенно выделяются два месяца: январь 2023 года и май 2019 года. Значительное количество сдвигов ветра в эти периоды можно объяснить влиянием циклонов, проходящих над данной территорией, а также активной деятельностью атмосферных фронтов.

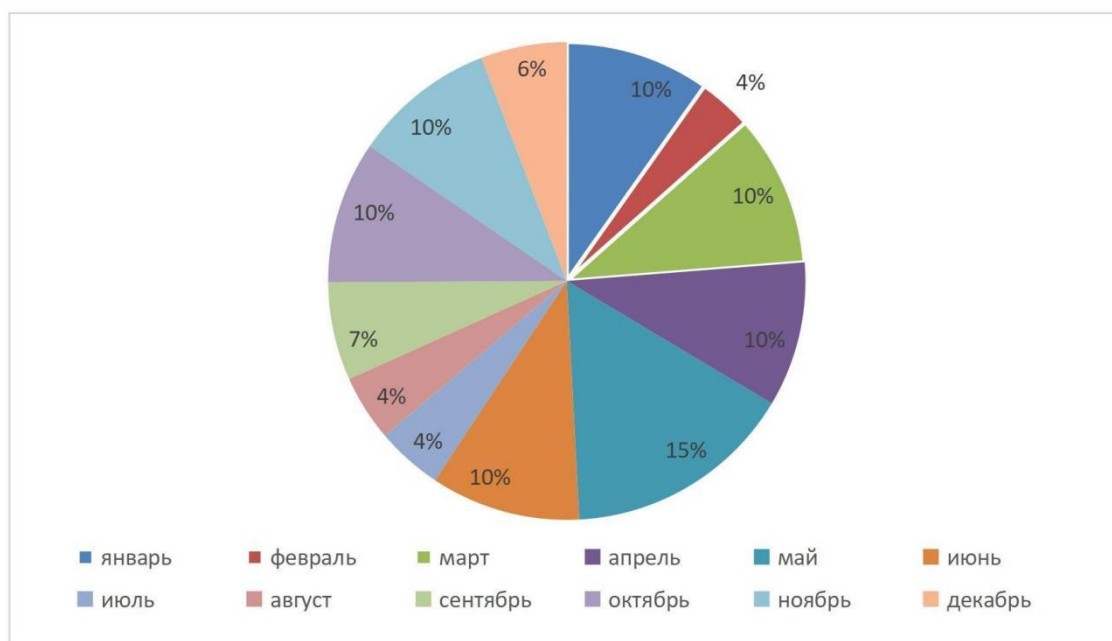


Рисунок 3.5 – Распределение количества сдвигов ветра на аэродроме Толмачёво по данным АВ-6 за период 2018-2023 гг.

На рисунке 3.5 показано распределение случаев сдвига ветра на аэродроме Толмачёво, основанное на данных АВ-6 за период с 2018 по 2023 годы. В течение года, согласно многолетним наблюдениям, количество сдвигов ветра распределяется почти равномерно.

Наибольшая доля приходится на май — 15%. Это может свидетельствовать о высокой активности или значительном объеме какого-либо показателя (например, продаж, обращений, затрат и т.п.) именно в этом месяце. Также равные по значению доли (по 10%) наблюдаются у восьми месяцев: январь, март, апрель, июнь, июль, октябрь и ноябрь — это говорит о равномерной активности в эти периоды. Наименьшие доли (по 4%)

отмечаются в феврале, августе и сентябре. Декабрь занимает промежуточное значение — 6%.

Таким образом, распределение показателя по месяцам в целом достаточно равномерное, за исключением мая, который выделяется значительным превышением, и трёх месяцев с наименьшими значениями.

3.2 Исследование типовых синоптических ситуаций при образовании сдвига ветра

В ходе анализа синоптических ситуаций, основанного на приземных картах погоды, были выявлены характерные синоптические условия, способствующие возникновению сдвига ветра на аэродроме города Новосибирск (Толмачёво). Эти данные представлены в таблицах 4 и 5, а также на рисунках 3.6 и 3.7.

Таблица 4 – Типовые синоптические ситуации при возникновении сдвига ветра на аэродроме г. Новосибирск (Толмачево) по данным бортовой погоды

Синоптическая ситуация	Количество случаев	Повторяемость, %
Передняя, тыловая часть циклона	17	33
Теплый сектор циклона	9	18
Теплый фронт	6	12
Передняя часть ложбины	6	12
Холодный фронт	4	8
Гребень антициклона	3	6
Циклон	2	4
Антициклон	3	6
Седловина	1	2
Всего	51	100

На основе таблицы 4 можно сделать следующие выводы:

Наиболее часто встречающаяся синоптическая ситуация — передняя и тыловая часть циклона, которая наблюдалась в 17 случаях, что составляет 33% от общего числа наблюдений. Это указывает на значительное влияние циклонов на погодные условия в исследуемый период.

Существенный вклад также вносят:

- тёплый сектор циклона — 9 случаев (18%);
- тёплый фронт и передняя часть ложбины — по 6 случаев (12% каждое).

Реже наблюдались:

- холодный фронт — 4 случая (8%),
- гребень антициклона — 3 случая (6%), -
- антициклон — 3 случая (6%),
- циклон — 2 случая (4%),
- седловина — 1 случай (2%).

В 2022–2023 годах преобладали неустойчивые погодные условия, связанные с циклонической деятельностью. Совокупная доля ситуаций, связанных с циклонами и их частями (включая тёплый сектор, тёплый фронт и т.д.), составляет более 75% всех наблюдений. Это говорит о повышенной частоте прохождения циклонов и фронтальных разделов, что оказывает существенное влияние на бортовую погоду. Устойчивые антициклональные ситуации встречались значительно реже.

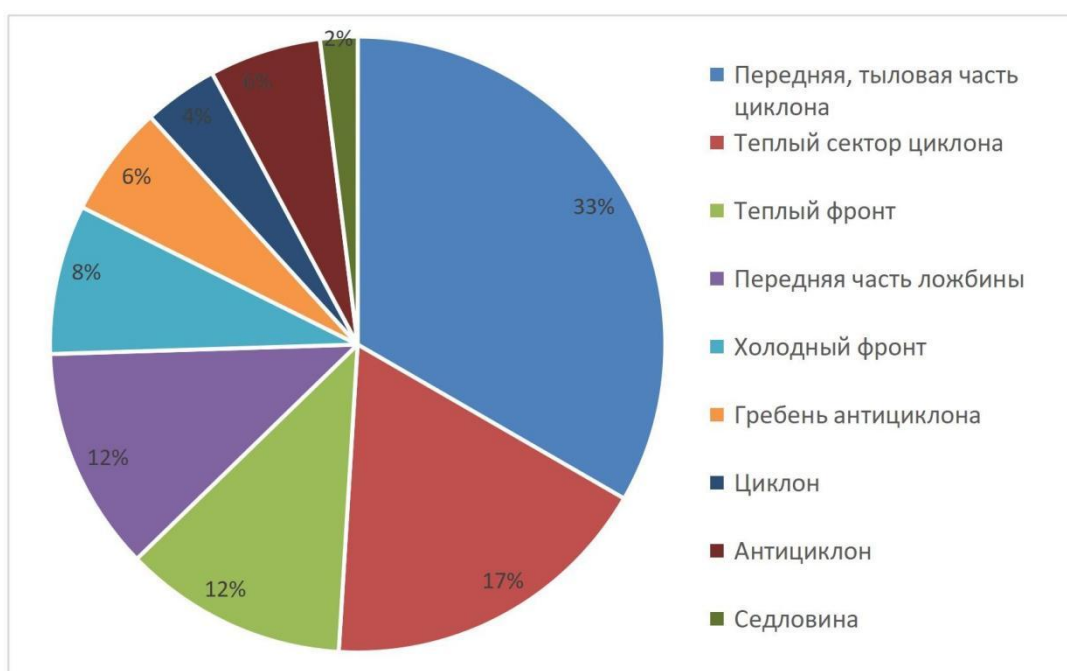


Рисунок 3.6 – Повторяемость случаев сдвига по синоптическим ситуациям на аэродроме Толмачево по данным бортовой погоды за период 2018–2023 гг.

На основе рис. 3.6, на котором отражена повторяемость синоптических ситуаций по данным бортовой погоды за 2022–2023 гг., можно сделать следующий вывод:

Преобладающей синоптической ситуацией является передняя и тыловая часть циклона, на которую приходится 33% всех случаев. Это указывает на доминирование неустойчивой, ветреной и часто осадочной погоды, связанной с циклонической деятельностью.

Погодные условия в рассматриваемый период в подавляющем большинстве формировались под влиянием циклонических процессов и их фронтальных структур (в сумме — около 74%). Это подтверждает преобладание неустойчивой погоды. Антициклональные и нейтральные ситуации встречались значительно реже, что указывает на меньшую повторяемость устойчивых погодных условий.

Таблица 5 – Типовые синоптические ситуации при возникновении сдвига ветра на аэродроме г. Новосибирск (Толмачево) по данным датчиков за период 2022-2023 гг.

Синоптическая ситуация	Количество случаев	Повторяемость, %
Передняя, тыловая часть циклона	53	25
Теплый сектор циклона	48	23
Холодный фронт	23	11
Теплый фронт	20	9
Передняя часть ложбины	10	5
Гребень антициклона	10	5
Центр циклона	8	4
Передняя, тыловая часть антициклона	7	3
Северная периферия антициклона	7	3
Фронт окклюзии	7	3
Северная, южная периферия циклона	6	3
Южная периферия антициклона	6	3
Седловина	3	1
Тыловая часть ложбины	2	1
Центр антициклона	1	0
Всего	211	100

Данные, представленные в таблице 5 и на рисунке 3.7 показывают распределение синоптических ситуаций, наблюдаемых в 2022-2023 гг. при зафиксированных случаях сдвига ветра по данным датчиков. Наиболее часто встречались условия, связанные с передней и тыловой частями циклона, что составило 25% от общего числа случаев, а также сдвиги ветра наиболее часто наблюдались в теплом секторе циклона (23%). При антициклонах сдвиги ветра наблюдаются значительно реже: гребень антициклона зафиксирован в 5% случаев, передняя и тыловая части антициклона – в 3% каждый, северная периферия антициклона также составила 3%, а южная периферия – 3%. В центре антициклона был зарегистрирован 1 случай сдвига ветра. Наименьшая частота сдвигов наблюдается в седловинах, где они встречаются лишь в 1% случаев.

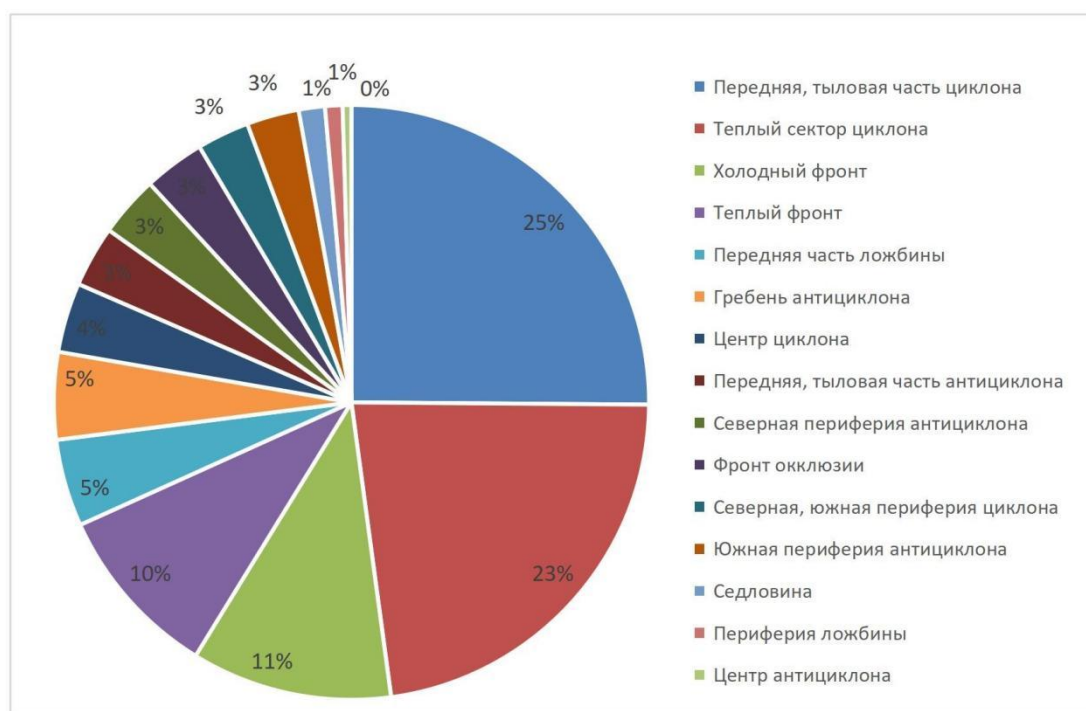


Рисунок 3.7 – Повторяемость случаев сдвига по синоптическим ситуациям на аэродроме Толмачево по данным с датчиков за период 2018–2023 гг.

Большое число случаев сдвига ветра в тыловой и передней частях циклона можно объяснить приближением тёплого фронта или прохождением холодного, при которых изменяется направление 35

и скорость ветра, кроме того, образуются осадки и грозы. В теплом секторе циклона происходит сближение холодных и тёплых воздушных масс. Это вызывает увеличение горизонтальных градиентов температуры во фронтальной зоне, что, в свою очередь, приводит к изменению скорости воздушных течений.

Далее рассмотрены подробно синоптические ситуации (рис.3.8-3.11), при которых наблюдалось более трех сдвигов ветра в день, интенсивность сдвигов при этом умеренная.

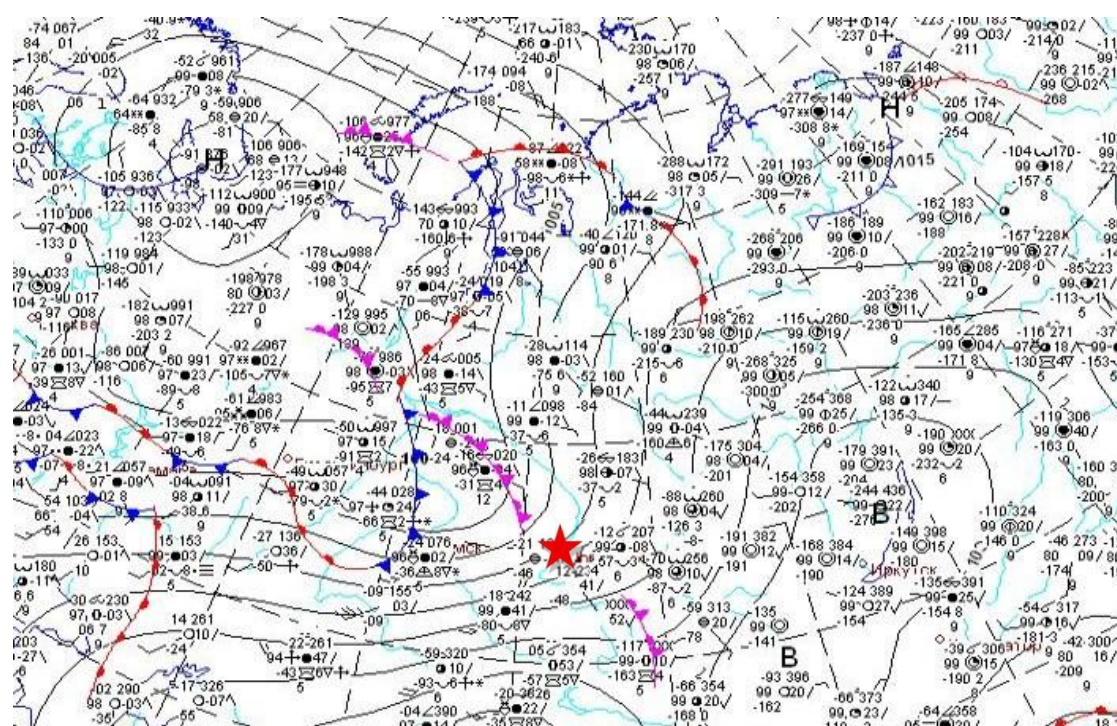


Рисунок 3.8 – Приземная карта погоды за 30.03.2022 00 UTC
(передняя часть ложбины)

30 марта 2022 года на приземной карте (см. рисунок 3.8) в 00 UTC аэродром Толмачёво располагался в передней зоне ложбины. Центр циклона находящегося в стадии окклюдирования, располагался на юге Кольского полуострова.

Циклон был сформирован на полярной фронтальной системе. В этот день было зафиксировано 4 сдвига ветра по данным бортовой погоды и 1 случай по данным с датчиков.

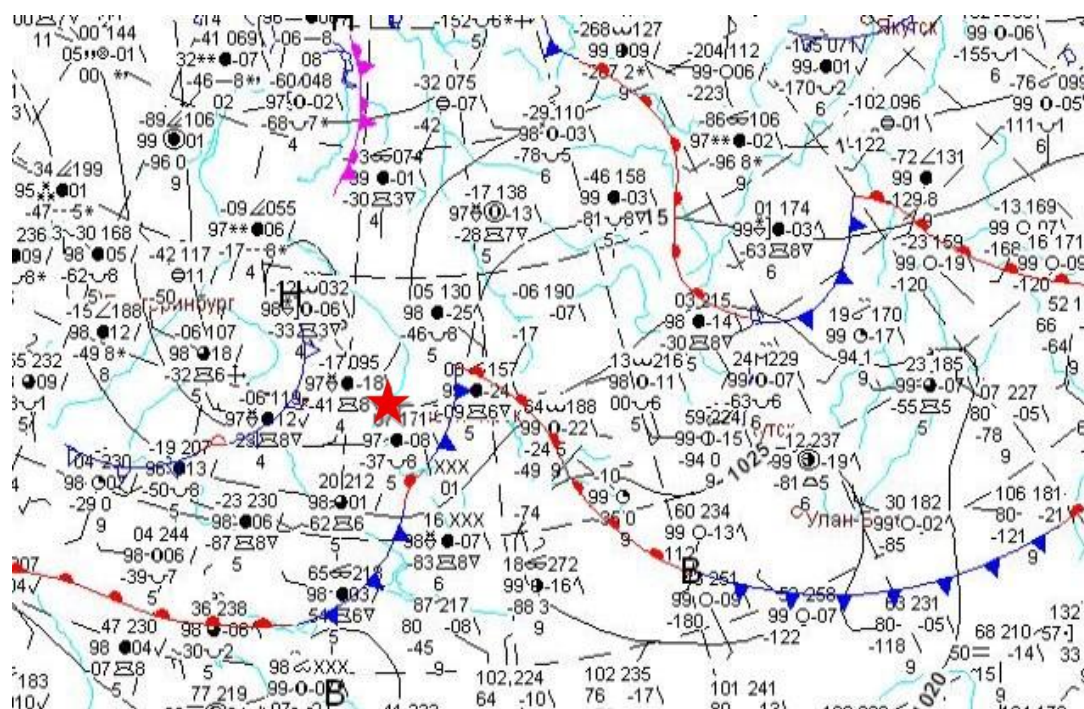


Рисунок 3.9 – Приземная карта погоды за 06.11.2022 06 UTC
(тыловая часть циклона)

06 ноября 2022 года погода на аэродроме определялась тыловой частью циклона, это можно увидеть на приземной карте за 00 UTC (рис.3.9). Центр циклона располагался севернее Омска. Циклон находился в стадии максимального развития над западными районами Сибирского федерального округа.

6 ноября наблюдалось 3 сдвига ветра по бортовой погоде и 2 – по датчикам на ВПП.

22 октября 2022 года на приземной карте, представленной на рисунке 3.10 за 18 UTC, было видно, что аэродром Толмачево находился в теплом секторе циклона. Центр циклона располагался западнее Новосибирска. Циклон, находящийся в стадии окклюдирования, был сформирован на полярной фронтальной системе.

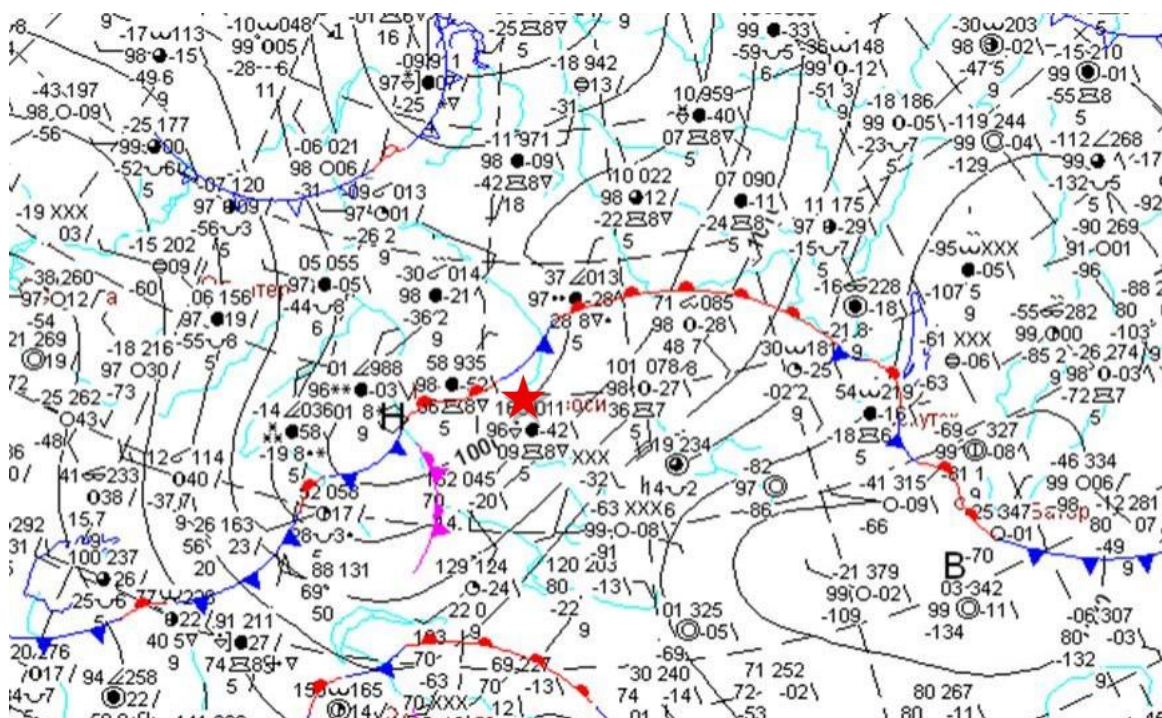


Рисунок 3.10 – Приземная карта погоды за 22.10.2022 18 UTC
(теплый сектор циклона)

22 октября на аэродроме Толмачево было зафиксировано три случая сдвига ветра. Первый эпизод произошёл в 07:58, когда район аэродрома находился под влиянием передней части циклона. Два последующих сдвига ветра были зафиксированы в условиях, соответствующих тёплому сектору циклона.

02.03.2023 г. на приземной карте (рис.3.11) за 12 UTC наблюдалось, что в районе аэродрома Толмачево проходил холодный фронт. Центр циклона располагался в районе город Новый Уренгой. Циклон, находящийся в стадии окклюдирования, был сформирован на полярной фронтальной системе.

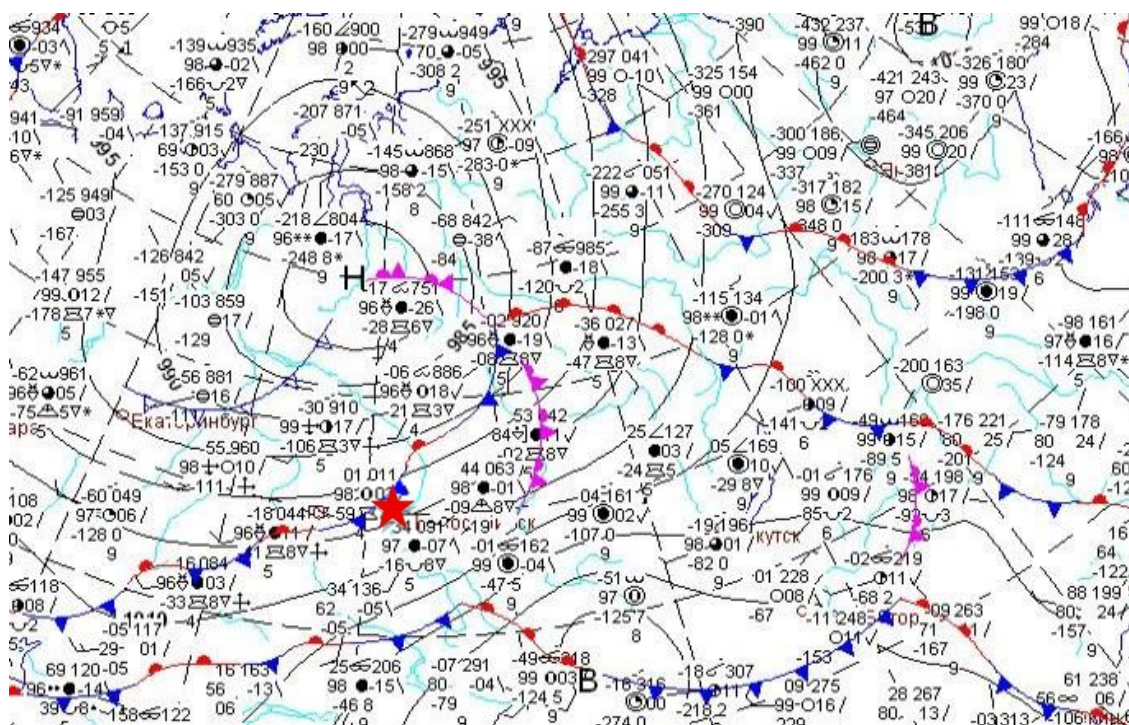


Рисунок 3.11 – Приземная карта погоды за 02.03.2023 12 UTC
(холодный фронт)

2 марта 2023 года в районе аэродрома Толмачево было отмечено интенсивное проявление сдвигов ветра. Согласно данным бортовой погоды, зарегистрировано три случая, в то время как датчики, установленные на взлётно-посадочной полосе, зафиксировали пять эпизодов. Один из них, произошедший в 09:29, был определён техническими средствами при нахождении аэродрома в тёплом секторе циклона, что указывает на влияние фронтальной синоптической ситуации на метеоусловия.

Далее рассмотрим случай сильного сдвига ветра. Он был зафиксирован по данным бортовой погоды и по датчикам.

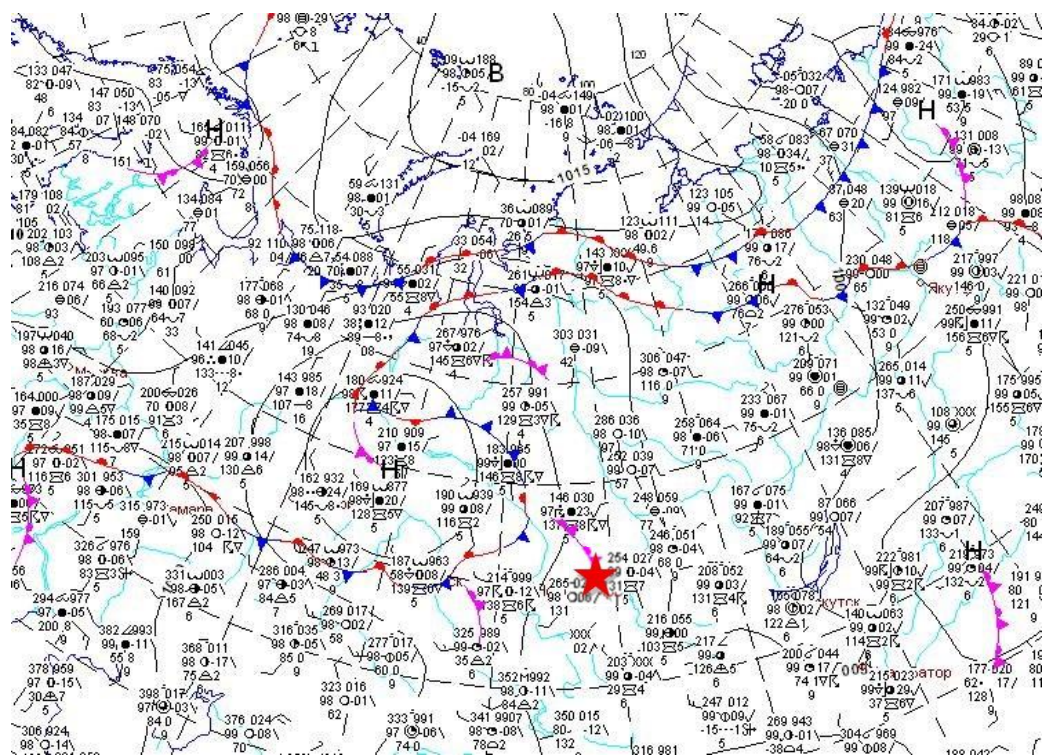


Рисунок 3.12 – Приземная карта погоды за 22.06.2022 12 UTC
(южная периферия циклона)

22 июня 2022 на погоду в аэропорту Толмачево города Новосибирска оказывал влияние циклон, что видно на приземной карте, представленной на рисунке 3.12. Центр циклона располагался к северо-востоку от Екатеринбурга. Циклон находился в стадии окклюдирования, продолжит смещаться на северо-восток.

4. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ПО ДАННЫМ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

По выбранным случаям сдвига ветра за 2022 год были проанализированы данные зондирования атмосферы от земной поверхности до высоты 1000 метров. В таблице 6 представлены зафиксированные случаи инверсии в слое от 0 до 1000 м.

Таблица 6 – Инверсии температуры

Дата, срок	Разность высот/мощность инверсии (верхняя и нижняя границы слоя инверсии) [м]	Разность температур между высотами [°C]	Температу рный градиент [°C/100 м]
15.01.2022 (12)	454	6.4	1.41
08.02.2022 (00)	706	14.1	2.00
10.03.2022 (00)	1004	6.3	0.63
30.03.2022 (12)	204	1.2	0.59
02.04.2022 (00)	758	3.8	0.50
06.05.2022 (00)	258	6.8	2.64
22.05.2022 (00)	256	7.2	2.81
20.06.2022	405	2.0	0.49

(00)			
27.06.2022			
(00)	259	0.4	0.15

Запуск зонда проводился 2 раза в сутки: в 00 UTC и 12 UTC.

С января по июнь 2022 г. было выявлено 9 случаев инверсий.

Мощность инверсионных слоев варьировалась от 204 до 1004 метров. Разность температур в слое инверсии колебалась от 0.4°C до 14.1°C. Температурный градиент изменялся от 0.15°C/100 м до 2.81°C/100 м.

Самые большие температурные градиенты наблюдались: 2 февраля (2°C/100 м), 6 мая (2.64°C/100 м) и 22 мая (2.81°C/100 м).

На рисунке 4.1 представлена зависимость мощности инверсии от разности температур.

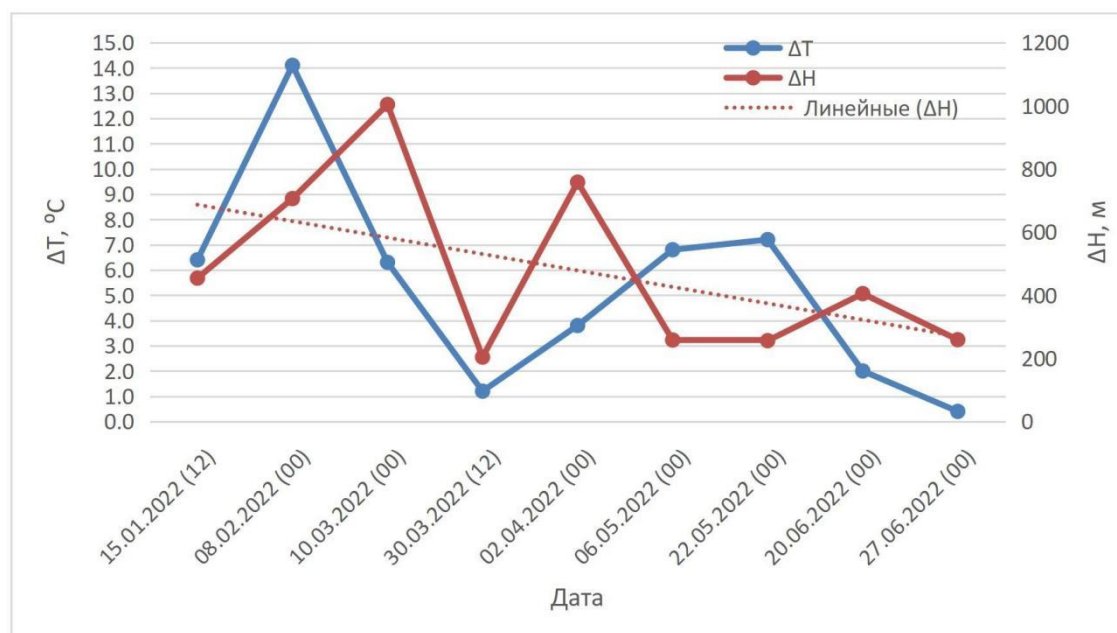


Рисунок 4.1 – Ход мощности инверсии и разности температур

На графике, изображенном на рисунке 4.1, видно, что нельзя определить зависимость между мощностью инверсии и разностью температур между высотами (интенсивность инверсий).

Заметен четко выраженный сезонный ход по интенсивности: наиболее мощные инверсии были в январе, другой локальный максимум приходится на конец весны–лето. Минимум — в начале весны (март).

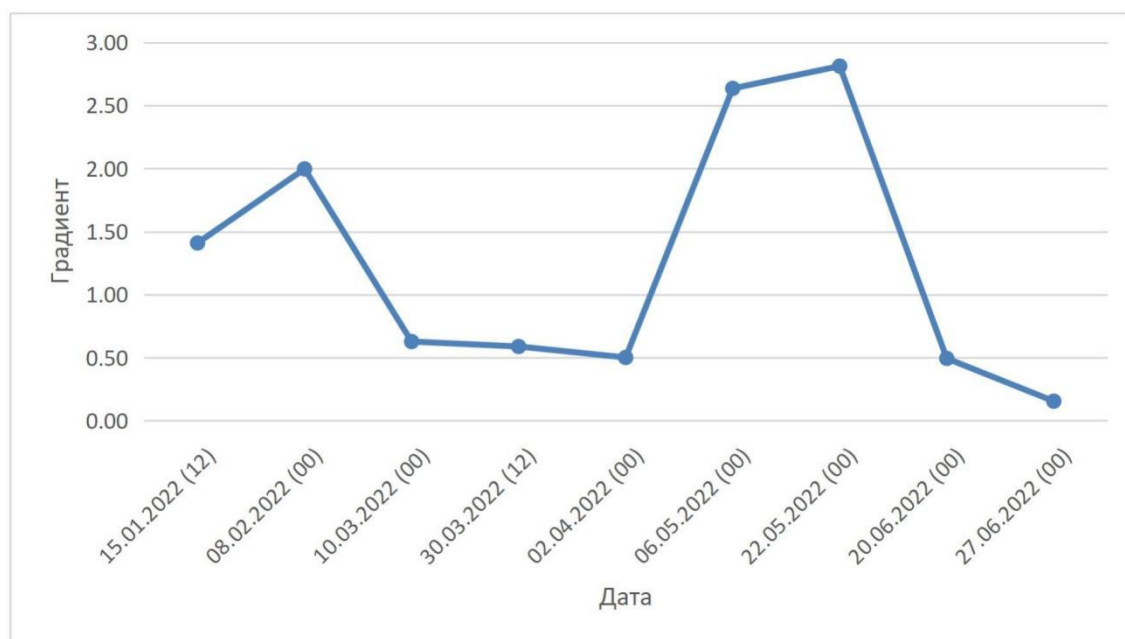


Рисунок 4.2 – Ход градиента температуры

На рисунке 4.2 представлен ход температурного градиента, рассчитанного с помощью данных зондирования. По графику сложно определить сезонный ход или найти какие-то закономерности. Чтобы продолжить исследования, требуется больший объем данных.

Далее представлен анализ синоптических ситуаций в дни, когда значение градиента температуры было больше или равно $2^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Важно отметить, что интенсивность сдвига ветра оставалась умеренной во всех трех случаях.

На рисунке 4.3 представлена приземная синоптическая карта за 08.02.2022 г. Аэродром Толмачево находился под воздействием седловины. При анализе синоптических ситуаций за 2022-2023 гг. было зафиксировано очень мало случаев сдвига ветра при седловинах: 1 случай по данным бортовой погоды и 3 случая по датчикам (интенсивность умеренная).

2 февраля 2022 г. температурный градиент был равен $2^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

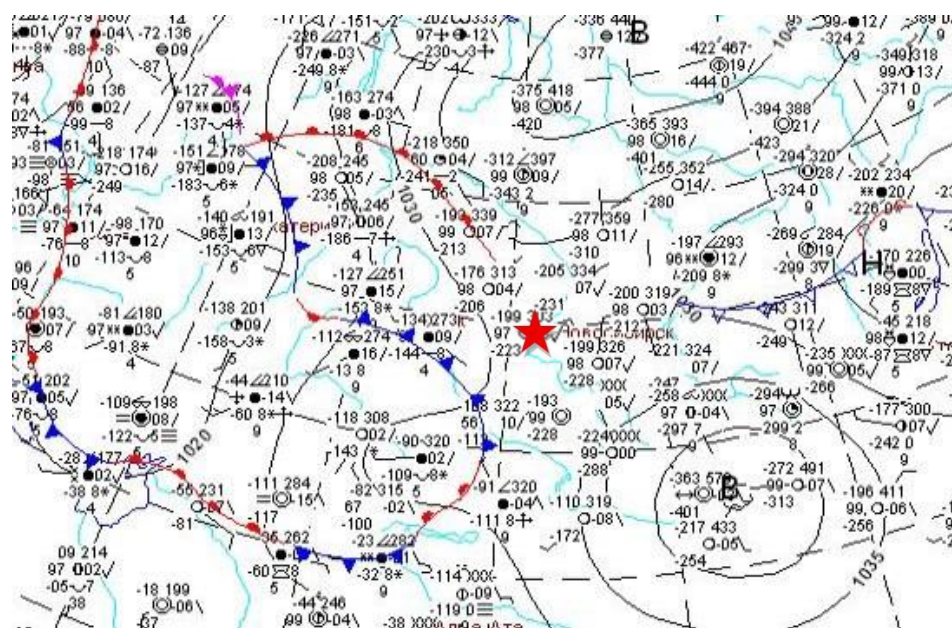


Рисунок 4.3 – Приземная карта погоды за 08.02.2022 00 UTC
(седловина)

На рисунке 4.4 представлена приземная синоптическая карта за 06.05.2022 г. Аэродром Толмачево находился под воздействием теплого сектора циклона. 6 мая температурный градиент составил $2.64^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

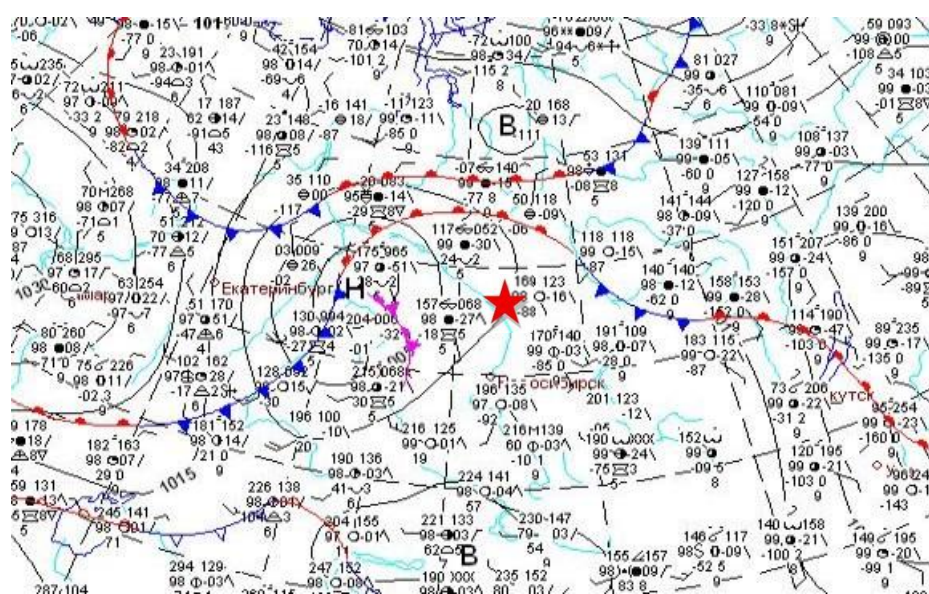


Рисунок 4.4 – Приземная карта погоды за 06.05.2022 06 UTC
(теплый сектор циклона)

22.05.2022 г аэродром находился под воздействием теплого сектора циклона. На рисунке 4.5 представлена приземная синоптическая карта.

22 мая температурный градиент был равен $2.81^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

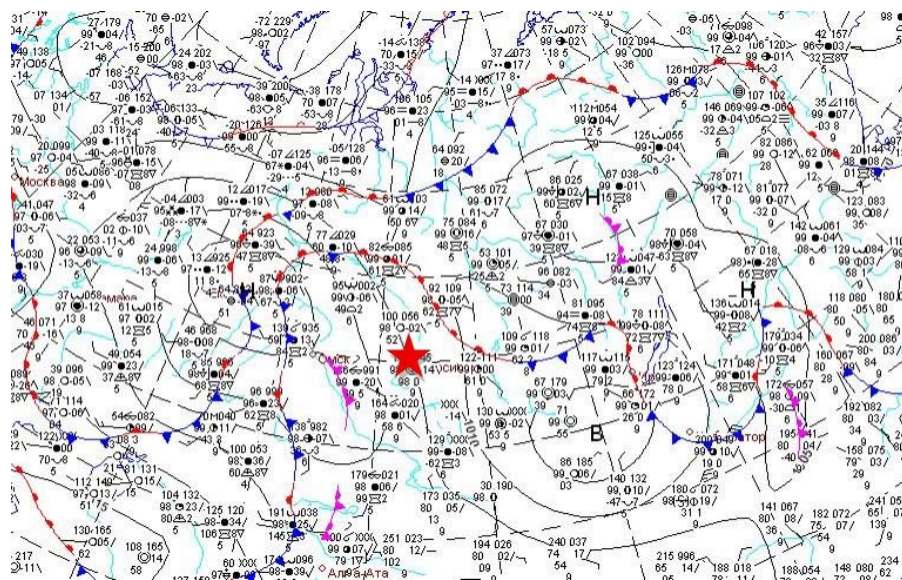


Рисунок 4.5 – Приземная карта погоды за 22.05.2022 00 UTC
(теплый сектор циклона)

Синоптические ситуации, представленные на рисунках 4.4 и 4.5 ещё раз подтверждают выводы о том, что при циклонической деятельности наблюдается максимальная повторяемость случаев сдвига ветра.

Также для сравнения был рассмотрен июнь 2022 года, а именно, дни без сдвигов ветра. Всего из 20 дней без зафиксированных сдвигов 12 дней отмечены наличием инверсии, а 8 дней прошли без инверсии. Процент дней с инверсией составил 60%. Для того, чтобы сделать вывод о влиянии наличия инверсии на возникновение сдвига ветра требуется расширить выборку, включить данные за другие месяцы и годы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе для достижения поставленной цели были созданы базы данных с помощью бортовой и фактической информации (METAR) за период с 2018 г. по 2023 г. аэродрома Толмачево г. Новосибирска. За данный период в сумме было выявлено 602 случая.

Исходя из бортовых и фактических данных с аэродрома Толмачево г. Новосибирска, был проведен анализ случаев сдвига ветра по интенсивности (табл. 2), по эшелонам (табл. 3). По интенсивности больше всего наблюдался умеренный сдвиг (51%), в промежутке между земной поверхностью и 700 м (93%). Также был рассмотрен годовой ход сдвига ветра. В течение года по многолетним данным количество сдвигов ветра распределяются практически равномерно.

Были проанализированы синоптические карты за 2022 и 2023 годы для выявления синоптических ситуаций, в которых возникают сдвиги ветра.

По данным бортовой погоды в большей степени сдвиги ветра наблюдались в передней и тыловой частями циклона (33%) и в теплом секторе циклона (17%), меньше – при антициклонах (6%) и седловинах (2%).

По данным датчиков сдвиги ветра зафиксированы: в передней и тыловой частях циклона (25%), в теплом секторе циклона (23%), при гребне антициклона (5%), в передней, тыловой частях антициклона (3%), северной периферии антициклона (3%), южной периферии антициклона (3%), в центре антициклона (1 случай), седловине (1%).

Рассмотрены примеры синоптических ситуаций при большом количестве сдвигов ветра (интенсивность умеренная) в день. Проведен анализ атмосферных явлений в день, когда был зафиксирован сильный сдвиг ветра.

Также для всех случаев сдвига ветра по данным зондирования были выбраны и проанализированы 9 случаев инверсий в период с января по июнь 2022 г.

Мощность инверсионных слоев варьировалась в широком диапазоне: от 204 до 1004 метров. Разность температур в инверсионном слое изменялась от 0.4°C до 14.1°C. Температурный градиент в слое инверсии демонстрировал значительные колебания: от 0.15°C/100 м до 2.81°C/100 м. Наблюдается общая тенденция к снижению мощности инверсий с января по июнь 2022 года. Выявлен сезонный ход интенсивности инверсий: максимум в январе, второй пик в конце весны - начале лета, а минимум в марте. Для более точных выводов требуется расширение выборки данных.

Были выбраны и проанализированы синоптические ситуации в дни, когда наблюдались сдвиги ветра, инверсии температуры и были высокие температурные градиенты. Можно отметить, что при наличии больших температурных градиентов в слое инверсии чаще встречается сдвиг ветра.

За последнее десятилетие заметно сократилось количество авиационных происшествий, связанных со сдвигом ветра. Однако это явление остается серьезной угрозой для авиации, требующей постоянного внимания и подготовки.

Список использованных источников

1. Самолеты гражданской авиации каждый год перевозят 4 миллиарда пассажиров / [Электронный ресурс] // Организация объединенных наций: [сайт]. — URL: <https://news.un.org/ru/story/2019/12/1368681> (дата обращения: 21.09.2024).
2. Сдвиг ветра / [Электронный ресурс] // Avsim Wiki : [сайт]. — URL: https://www.avsim.ru/wiki/Сдвиг_ветра (дата обращения: 24.09.2024).
3. Рыбалкина А.Л. Физика неблагоприятных внешних условий: Пособие по выполнению практических работ. - Москва: МГТУ ГА, 2016. - 20 с.
4. Вельнинцев Н.Ф. Конвекция в нестационарном пограничном слое со сдвигом ветра // Метеорология и гидрология, 2005. - № 6. – С. 15-28.
5. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии Физика атмосферы. - 2-е изд. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 752 с.
6. Пчелко И.Г. Аэросиноптические условия болтанки самолетов в верхних слоях тропосферы и нижней стратосферы. – СПб.: Гидрометиздат, 1962. – 92 с.
7. Богаткин, О.Г. Еникеева, В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 270 с
8. Богаткин О.Г. Практикум по курсу «Основы авиационной метеорологии». – СПб.: изд. РГГМУ, 2009. – 136 с.
- 2 глава 9. Лучицкая И. О., Белая Н. И., Арбузов С. А. Климат Новосибирска и его изменения. - Новосибирск: СО РАН, 2014. - 224 с.
10. Климат Новосибирска / под ред. С.Д. Кошинского, К.Ш. Хайруллина, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 223 с.
11. Позднякова В.А. Учебное пособие для летного и диспетчерского состава ГА «ПРАКТИЧЕСКАЯ АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ». - Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2010. - 113 с.

12. Инструкция по организации метеорологического обеспечения на аэродроме совместного базирования (АСБ) Новосибирск (Толмачево). - Новосибирск: 2018