

Совершенствование прогностических данных Всемирной системы зональных прогнозов (ВСЗП).

ВСЗП была создана в 1982 году при тесном сотрудничестве Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Всемирной метеорологической организации (ВМО) для обеспечения заинтересованных пользователей (полномочные метеорологические органы и другие пользователи, например пилоты и эксплуатанты) глобальными авиационными прогнозами метеоусловий на маршруте. Тогда же были учреждены два Всемирных центра зональных прогнозов (ВЦЗП) в Вашингтоне (США) и Лондоне (Великобритания), которые являются составными частями ВСЗП. Глобальные прогнозы ВСЗП включают данные о ветре и температуре на высотах, высоте и температуре тропопаузы, максимальном ветре, влажности и др.; ВСЗП также выпускает прогнозы особых явлений погоды (SIGWX).

Продукция ВСЗП постоянно совершенствуется: изменяется пространственное и временное разрешение прогнозов, увеличивается заблаговременность выпуска прогнозов, упрощается содержание прогнозов SIGWX путем исключения информации, доступной из других источников, вводятся новые виды прогнозов, в частности, с момента вступления в силу Поправки 75 к Приложению 3 к Конвенции о международной гражданской авиации «Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации» (далее Приложение 3 ИКАО), то есть с 2010 года, начался оперативный выпуск прогнозов турбулентности, обледенения и кучево-дождевых облаков в узлах регулярной сетки с горизонтальной разрешающей способностью в $1,25^\circ$ (~140 км) широты и долготы. ВСЗП подготавливала два вида прогноза турбулентности в узлах регулярной сетки: турбулентность в ясном небе (CAT) и турбулентность в облачности. Из-за недостатка детальных наблюдений на момент внедрения прогнозов турбулентности в узлах регулярной сетки, было невозможно указывать интенсивность CAT или интенсивность турбулентности в облачности, поэтому ВСЗП использовала термин «потенциал» для прогноза турбулентности; цифровые значения потенциала CAT и потенциала турбулентности в облачности не означают интенсивность или вероятность турбулентности, тем не менее, чем выше значение потенциала, тем больше вероятность турбулентности.

Аналогично для прогноза обледенения в узлах регулярной сетки: из-за отсутствия данных наблюдений за обледенением на момент внедрения прогнозов обледенения (отсутствие практики измерения параметров обледенения на борту воздушных судов) невозможно было указывать интенсивность обледенения в прогнозах и определять шкалу вероятности обледенения в прогнозах. Поэтому ВСЗП использовала термин «потенциал» для прогноза обледенения; цифровые значения потенциала обледенения не означают интенсивность или вероятность обледенения, но указывают на возможность встречи с условиями обледенения в конкретном месте и в конкретное время; чем выше значение потенциала обледенения, тем больше вероятность обледенения. Прогнозы обледенения в узлах регулярной сетки охватывают все случаи возможного обледенения, включая обледенение в конвективной облачности.

При подготовке прогнозов кучево-дождевых облаков используется алгоритм, основанный на количестве облачности и интенсивности осадков; рассчитываются три параметра в каждом квадрате сетки – протяженность по горизонтали, высота нижней границы кучево-дождевого облака и высота верхней границы кучево-дождевого облака. Прогнозы кучево-дождевой облачности в узлах регулярной сетки включают всю конвективную облачность, из которой выпадают осадки.

Прогнозы *потенциала* турбулентности, *потенциала* обледенения и прогноз кучево-дождевых облаков с 2010 года выпускаются четыре раза в сутки с 3-х часовой дискретностью, период действия прогнозов от 6 до 36 часов, прогнозы имеют глобальный охват; подготавливаются в привязке к тем же узлам регулярной сетки с разрешением $1,25^\circ$ (квадрат сетки составляет $1,25^\circ$ широты и $1,25^\circ$ долготы) в двоичной кодовой форме с использованием кодовой формы GRIB, предписанной ВМО, что и прогнозы ВСЗП в отношении ветра и температуры, влажности и т.д.

Авиационная отрасль быстро меняется, объемы авиационных перевозок удваиваются каждые 15 лет, растет потребность в точных и подробных метеорологических данных для смягчения и предотвращения влияния опасных погодных условий на авиацию. Всемирными центрами зональных прогнозов был разработан 10-летний план развития ВСЗП, состоящий из 3 этапов.

Первый этап обновления продукции охватывает период с ноября 2020 до ноября 2023 года. **Второй этап** развития - с ноября 2023 года до ноября 2026 года. Начало **третьего этапа** планируется на ноябрь 2026 года.

Первый этап плана развития ВСЗП совпал с началом применения Поправки 79 к Приложению 3 ИКАО. Дополнительно к существующим прогнозам «Потенциал турбулентности в ясном небе», «Потенциал обледенения» и «Кучево-дождевые облака», наборы данных ВСЗП с улучшенным пространственным разрешением начали предоставляться в соответствии с изменениями, перечисленными в Поправке 79 к Приложению 3 ИКАО, чтобы государства-пользователи прогнозов ВСЗП смогли заблаговременно подготовиться к их оперативному приему и усвоению с 17 марта 2021 года. В настоящее время новые улучшенные прогнозы размещаются на FTR SADIS (File Transfer Protocol SADIS – протокол передачи файлов SADIS, Лондон) и WIFS (WAFS Internet File Service – интернет служба передачи файлов ВСЗП, Вашингтон). Новые наборы данных ВСЗП об опасных явлениях (турбулентность, обледенение и кучево-дождевые облака) предоставляются с горизонтальным разрешением $0,25^\circ$ (~ 28 км), выпускаемые с 2010 - с разрешением $1,25^\circ$ (~140 км). Увеличение горизонтального разрешения наборов прогностических данных с привязкой к сетке с $1,25^\circ$ до $0,25^\circ$ означает наличие одной точки данных приблизительно каждые 1,75 минуты полета, по сравнению с каждыми 9 минутами полета ранее. Более подробные поля опасных явлений позволяют использовать новые подходы к оптимизации планов полета и предотвращению влияния опасных явлений погоды. Кроме того, были обновлены алгоритмы прогнозирования турбулентности и обледенения.

Новое поле прогноза турбулентности под названием «*Интенсивность турбулентности*» (Turbulence Severity) предоставляется в единицах скорости вихревой диссипации (скорости затухания вихрей) (EDR) для эшелонов полета 100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 240 (400 гПа), 270 (350 гПа), 300 (300 гПа), 340 (250 гПа), 390 (200 гПа) и 450 (150 гПа). EDR представляет собой независимую от воздушного судна меру турбулентности, является объективным, универсальным показателем турбулентности. Прогнозы турбулентности, представленные в EDR, охватывают все виды турбулентности, включая турбулентность в ясном небе (CAT), турбулентность в облаках и орографическую турбулентность (горные волны).

Новое поле прогноза обледенения, под названием «*Интенсивность обледенения*» (Icing Severity) предоставляется с разделением по интенсивности: отсутствует, следы, слабое, умеренное и сильное, то есть дает категориальную оценку обледенения; улучшенные алгоритмы прогноза обледенения основаны на использовании данных о составе облаков вместо относительной влажности, сочетании конденсата облачности (лед и вода), температуры и параметров движения по вертикали, которые обуславливают наличие переохлажденной воды. Поле прогноза обледенения представлено для эшелонов полета 60 (800 гПа), 100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 240 (400 гПа) и 300 (300 гПа).

Алгоритмы прогнозов для кучево-дождевых облаков (горизонтальная протяженность, высота нижней и верхней границы кучево-дождевых облаков в единицах эшелона полета) не изменились, изменился только шаг сетки: данные предоставляются с горизонтальным разрешением $0,25^\circ$.

Существующие прогностические поля "Потенциал турбулентности в ясном небе" для эшелонов полета 240 (400 гПа), 270 (350 гПа), 300 (300 гПа), 340 (250 гПа), 390 (200 гПа) и 450 (150 гПа), "Потенциал обледенения" для эшелонов полета 60 (800 гПа), 100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 240 (400 гПа) и 300 (300 гПа) и "Кучево-дождевые облака" с шагом сетки $1,25^\circ$ останутся неизменными и будут продолжать предоставляться ВСЗП и размещаться на SADIS (SAteellite DIstribution System-спутниковая система распространения данных) до ноября

2023 года (поле «Потенциал турбулентности в облачности» с шагом сетки 1,25° исключено в марте 2021 года).

Прогнозы опасных для авиации условий погоды (обледенения, турбулентности, кучево-дождевых облаков) составляются ВЦЗП с использованием кодовой формы GRIB2, предписанной ВМО, предназначены в основном для автоматизированных систем планирования полетов авиакомпаниями (по маршрутам и трассам).

Обновленные прогнозы обледенения, турбулентности и кучево-дождевых облаков могут использоваться синоптиками в качестве консультативной продукции для выпуска сообщений SIGMET, AIRMET, прогнозов погоды в формате GAMET.

Прогнозы в узлах регулярной сетки, подготавливаемые ВЦЗП и содержащие данные о ветре и температуре воздуха для эшелонов полета, а также прогнозы SIGWX не изменились с начала вступления в силу Поправки 79 к Приложению 3 ИКАО. Прогнозы ветра и температуры воздуха для эшелонов полета и прогнозы SIGWX, подготавливаемые ВЦЗП, предоставляются членам летного экипажа и/или другому летно-эксплуатационному персоналу при инструктаже и/или консультации, а также включаются в полетную документацию.

В соответствии с Поправкой 79 к Приложению 3 ИКАО ВЦЗП в Лондоне и ВЦЗП в Вашингтоне рассчитывают и предоставляют государствам-членам ИКАО глобальные прогнозы условий погоды по маршрутам полетов по 8 параметрам (Таблица 1) с использованием кодовой формы GRIB2, предписанной ВМО и прогнозы особых явлений погоды SIGWX среднего и высокого уровня в двоичной кодовой форме с использованием кодовой формы BUFR, предписанной ВМО. С 4 ноября 2021 года в дополнение к этому, прогнозы SIGWX будут распространяться в форме IWXXM (IWXXM - ICAO meteorological information exchange model - модель ИКАО для представления авиационной метеорологической информации). ВЦЗП выпускают также, в качестве резервирования, прогнозы SIGWX в виде карт PNG (Portable Network Graphics - портативный графический формат), которые также могут быть использованы государствами, не имеющими возможности самостоятельно строить карты на основании данных BUFR.

Существующие прогнозы особых явлений погоды SIGWX среднего и высокого уровня в двоичной кодовой форме с использованием кодовой формы BUFR – 13 карт для высокого уровня и 4 карты для среднего уровня будут выпускаться до **ноября 2023 года**.

Таблица 1. Прогнозы ВЦЗП в двоичной кодовой форме с использованием кодовой формы GRIB. (Поправка 79 к Приложению 3 к Конвенции о международной гражданской авиации «Метеорологическое обеспечение международной авиации»)

№	Параметр	Высота
1	Ветер и температура для эшелонов полета	50 (850 гПа), 80 (750 гПа), 100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 210 (450 гПа), 240 (400 гПа), 270 (350 гПа), 300 (300 гПа), 320 (275 гПа), 340 (250 гПа), 360 (225 гПа), 390 (200 гПа), 410 (175 гПа), 450 (150 гПа), 480 (125 гПа) и 530 (100 гПа)
2	Высота тропопаузы в единицах эшелона полета и температура тропопаузы	
3	Направление, скорость максимального ветра и его высота в единицах эшелона полета	
4	Влажность для эшелонов полета	50 (850 гПа), 80 (750 гПа), 100 (700 гПа), 140 (600 гПа) и 180 (500 гПа)

5*	Горизонтальная протяженность, высота нижней и верхней границы кучево-дождевых облаков в единицах эшелона полета (0,25°)	
6*	Обледенение для слоев, отцентрированных по эшелонам полета (0,25°)	60 (800 гПа), 100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 240 (400 гПа) и 300 (300 гПа)
7*	Турбулентность (все типы, включая ТЯН) для слоев, отцентрированных по эшелонам полета (0,25°)	100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 240 (400 гПа), 270 (350 гПа), 300 (300 гПа), 340 (250 гПа), 390 (200 гПа) и 450 (150 гПа).
8	Геопотенциальная абсолютная высота для эшелонов полета	50 (850 гПа), 80 (750 гПа), 100 (700 гПа), 140 (600 гПа), 180 (500 гПа), 210 (450 гПа), 240 (400 гПа), 270 (350 гПа), 300 (300 гПа), 320 (275 гПа), 340 (250 гПа), 360 (225 гПа), 390 (200 гПа), 410 (175 гПа), 450 (150 гПа), 480 (125 гПа) и 530 (100 гПа)

* Параметры, для которых предоставляются новые прогнозы ВСЗП

Второй этап плана совершенствования данных ВСЗП с ноября 2023 года будет содержать следующие значительные изменения прогностических данных ВСЗП:

- представление всех прогностических полей ВСЗП в узлах регулярной сетки с разрешением 0,25°;
 - представление прогностических полей ветра и температуры (FL050-FL600), геопотенциальной высоты (FL050-FL600), относительной влажности (FL050-FL180), интенсивности турбулентности (FL100-FL450), интенсивности обледенения (FL060-FL300) с интервалом между уровнями полета в 1000 футов;
 - представление прогностических полей ветра и температуры, геопотенциальной высоты, относительной влажности; направления, скорости максимального ветра и его высоты; высоты и температуры тропопаузы с часовой дискретностью на период прогнозов от 6 до 24 часов; с 3-х часовой дискретностью - на период от 27 до 48 часов;
 - представление прогностических полей ветра и температуры, геопотенциальной высоты; направления, скорости максимального ветра и его высоты с 6-ти часовой дискретностью на период прогнозов от 54 до 120 часов;
 - **выпуск прогнозов особых явлений погоды SIGWX (T+24) будет производиться только в слое FL 100 – FL 600 для 13 регионов (средний уровень отменяется):**
 - в двоичной кодовой форме с использованием кодовой формы BUFR будут выпускаться до ноября 2025 года
 - в форме (модели) IWXXM будут распространяться до ноября 2028 года;
 - выпуск прогнозов SIGWX в форме модели IWXXM с 3-х часовой дискретностью на период прогноза от 6 до 48 ч;
 - некоторые элементы, включаемые в прогнозы SIGWX, будут изменены – исключается информация о турбулентности в облаках, высота тропопаузы будет представляться в виде контуров;
 - выпуск карт SIGWX в формате PNG будет производиться только в слое FL 100 – FL 600 для 3 регионов (одна Проекция Меркатора и две - полярная стереографическая проекция) с 3-х часовой дискретностью на период прогноза от 6 до 48 ч (их выпуск прекратится в 2028 году).
- Прогностические поля ВСЗП ветра и температуры, геопотенциальной высоты, относительной влажности; направления, скорости максимального ветра и его высоты; высоты и

температуры тропопаузы с 3-х часовой дискретностью на период прогноза от 6 до 36 ч в узлах регулярной сетки с разрешением 1,25° с использованием кодовой формы GRIB2, предписанной ВМО, будут выпускаться до ноября 2028 года. С ноября 2028 года SADIS прекратит передачу данных.

Третий этап совершенствования ВСЗП (с ноября 2026 года) связан с разработкой и выпуском новых вероятностных прогнозов интенсивности турбулентности, интенсивности обледенения и кучево-дождевых облаков. Пространственное разрешение прогнозов, шаг по времени и точный вид продукции определяются.

Значительное увеличение объема доступных прогностических данных потребует обновления механизма доставки их потребителю. Система доставки данных ВСЗП следующего поколения будет совместимой с формируемой в настоящее время средой общесистемного управления информацией (SWIM - System Wide Information Management -общесистемное управление информацией) за счет разработки новых форм представления данных, использования веб-технологий, прикладных программных интерфейсов. Это обеспечит взаимодействие с другими авиационными системами, такими как программное обеспечение Управления воздушным пространством и слежения за полетами. Общесистемное управление информацией также разрабатывается для поддержки конкретных и актуальных запросов данных: пользователи смогут настраивать загружаемые наборы данных, например, загружать данные только для определенных районов полетной информации или определенные вертикальные уровни (меньшие по размеру конкретные фрагменты информации).