

УДК 656.7.08

Н.И. Обидин, Т.Р. Буран

Кировоградская летная академия НАУ, Кировоград

## ВЛИЯНИЕ СДВИГА ВЕТРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

В данной публикации показано, что решение проблемы безопасности полетов воздушных судов (ВС) при заходе на посадку и взлете во многом зависит от учета влияния на исход полета внесистемных факторов, к которым следует отнести турбулентность, сдвиг ветра (СВ), ливневые осадки и т.д. Анализ влияния различных метеорологических явлений на безопасность полетов (БП), а так же способов повышения БП на этапах взлета и посадки, позволяет определить дальнейшие направления исследований в области повышения безопасности полетов воздушных судов в неблагоприятных условиях.

**Ключевые слова:** сложные метеоусловия, СВ, безопасность, исследования, лётные испытания, турбулентность.

### Введение

**Постановка проблемы.** В настоящее время в нашей стране и за рубежом проводится большой объем исследований, направленных на повышение эффективности полёта ВС и уровня безопасности полетов на этапах взлёта и посадки. Однако необходимость исследований путей повышения безопасности полетов на этапах взлета и посадки в нормальных и не стандартных ситуациях остается актуальной и в настоящее время.

**Анализ исследований.** По данным ICAO (International Civil Aviation Organization) [1] из всех катастроф в период с 1964 по 1993 гг. 39% было связано с метеорологическими факторами, такими как сдвиг ветра и турбулентность. Поэтому в последние годы за рубежом и у нас в стране проводятся интенсивные исследования вопросов обеспечения безопасности полетов воздушных судов (БП ВС) в условиях СВ и других аномальных явлений атмосферы [3]. Наиболее характерный и полный анализ статистики АП, связанных со СВ в период с 1983 по 1997 гг., можно провести по информации Национального бюро США по безопасности на транспорте (NTSB), представленной в [4, 5]. Из анализа опубликованной информации об авиационных происшествиях (АП), имевших место в воздушном пространстве США и связанных со СВ, следует, что в воздушном пространстве США за период с 1983 по 1997 гг. произошло 185 АП, прямо или косвенно связанных со СВ, в которых погибло 257 человек. Всего пострадавших в АП, связанных с СВ, за указанный период – 2037 пассажиров и членов экипажей, из них погибло, как отмечалось выше, 257 человек, а тяжело ранено – 143 человека. Наибольшее количество погибших приходится на 1985 и 1990 гг.

Одним из факторов, наиболее часто оказывающих влияние на АП, является сдвиг ветра.

Так, например, 06.05.2012 в Краснодарском крае произошла авария ВС (самолет СН-701 RA-0061G), которое выполняло полет по маршруту посадочная площадка «Армавир – Красная Поляна» – аэродром «Хуторская». На удалении 340 метров от посадочной площадки самолет столкнулся с деревьями и постройками частного дома хутора Красная Поляна. Из заключения комиссии по расследованию аварии следует, что выход самолета на наземное препятствие, наиболее вероятно, произошел вследствие потери контроля КВС над управлением самолета из-за попадания его после взлета в зону с сильной турбулентностью и сдвигом ветра в приземном слое. Следует отметить, что этот случай не является единичным. Поэтому, несмотря на предпринятые меры безопасности и развитие различных систем, позволяющих предусматривать возможные проблемные ситуации в процессе полёта, мы все еще можем наблюдать возникновение АП, обусловленных турбулентностью атмосферы и сдвигом ветра.

**Цель данной статьи** – анализ и определение наиболее эффективных способов повышения безопасности полёта ВС в условиях турбулентной атмосферы.

### Изложение основного материала

Явление СВ может быть вызвано различными метеорологическими причинами: гроза, ливень, вирга (дождевой поток, который испаряется, не достигнув земли), нисходящие потоки холодного воздуха, восходящие потоки, температурный инверсионный сдвиг, струйные течения, шквалы и т.д. Гроза, ливень и вирга вызывают явления, называемые микровзрывами, которые являются основной причиной появления СВ. Наблюдения показывают, что приблизительно пять процентов гроз вызывают явления микровзрывов. Микровзрыв представляет серьезную опасность для самолета, особенно на этапе захода на посадку. Если самолет заходит на посадку в услови-

ях СВ, вызванного мікробурями, то в момент входу в вихреві кільця підйомна сила самолета збільшується і самолет уходить вгору відносно глиссади. Пілот, намагаючись утриматися на глиссаді, зменшує підйомну силу самолета. Однак, пройшовши вихреве кільце, самолет потрапляє в нисхідний потік, кут атаки і підйомна сила додатково зменшуються ще більше, порушується рівновага по силам і самолет уходить під глиссаду, що може призвести до зіткнення з землею.

Також сильний СВ викликається шквалом, який може знаходитися на відстані декількох кілометрів від області виникнення СВ. Його механізм – це бокове растекание горизонтального потоку, швидкість якого може досягати 150 – 185 км/ч. Часто шквал розвиваючогося грозового фронту супроводжується іншими видами хмарності, що ускладнює його ідентифікацію. Ризик особливо великий, коли літак знаходиться на малій висоті.

Ще одним небезпечним фактором є температурний інверсійний зсув, який частіше за все викликає зміну швидкості і/або напрямку вітру в невеликому приземному шарі, коли теплий повітряний масив переміщується над холодним повітряним масивом. Це явище частіше за все виникає в районах прибережних аеропортів або в передгірних районах. Літні грози, що утворюються поблизу підвітряних схилів гір, також створюють значительні СВ в певних умовах. Ці грози характеризуються відносно високими основами хмар, часто на висотах 2500 – 3000 м і вище над землею [2].

Дослідження сильних гроз в останні роки показали [2, 3], що всі вони пов'язані з термодинамічною нестійкістю, обумовленою перегріванням приземного шару повітря або нерівномірним розподілом по висоті адвекції тепла і холоду, а також конвергенції і дивергенції повітряних потоків. При цьому кучово-дождеві хмари з градом, шквалами і торнадо (смерчами) виникають і розвиваються тоді, коли в верхній частині тропосфери спостерігаються струйні течії. В цілому проведені дослідження свідчать про те, що замість загальної картини повітряних потоків під кучово-дождевими хмарами існує опис лише окремих її частин, причому, воно носить суперечливий характер [2]. Тому для оцінки безпеки взльету і посадки літаків в час розвитку і наближення до аеродрому кучово-дождевих хмар необхідно знати профіль швидкості вітру, зсуви вітру, вертикальні повітряні потоки, турбулентні рухи в нижньому 500-метровому приземному шарі атмосфери.

Одним з шляхів підвищення безпеки ВС в складних умовах є впровадження бортових систем виявлення СВ. Технологія попередження і індикації СВ на борту літака розроблен-

на дослідницьким центром NASA Langley разом з FAA [4] дозволяє пілоту мати необхідну інформацію про небезпеку СВ за 10 – 40 с до входу в зону СВ. Час менше, ніж 10 с є недостатнім для реакції пілота, з іншої сторони, час більше 40 с є занадто великим, щоб в атмосфері не відбулися нові зміни. Для виявлення дощових крапель або інших частинок вологи по курсу і визначення руху цих частинок з пересчетом в повітряну швидкість можна використовувати мікрохвильовий радар. Однак, він має недоліки, пов'язані з інтерференцією сигналів, відбитих від земної поверхні. Мікрохвильовий радар працює краще в умовах дощу, ніж з іншої сторони, значно гірше, коли погода суха.

Вилучити вищезазначений недолік дозволяє доплерівський LIDAR (light detecting and ranging), який сприймає рухомих аерозольних частинок вологи в повітрі, однак таке пристрій недостатньо добре працює в умовах сильного дощу. Для вимірювання змін температури вперед по курсу літака використовується інфрачервоний радар, що відслідковує температурні зміни двоокису вуглецю, що міститься в повітрі, для пошуку холодних потоків, які можуть бути індикатором мікробурь. Однак, ця система не має можливості вимірювання швидкості вітру.

В якості системи наземного виявлення і попередження СВ найбільше поширення отримала система LLWSAS (Low-Level Wind-Shear Alert System). В кінці 1992 року така система була встановлена більш ніж в 100 аеропортах США. Ця система з допомогою анемометрів, встановлених на периферії аеропорту і його центральної частини, переважно у ВПП, збирає дані про швидкість і напрямку вітру. Отримані дані обробляються центральним комп'ютером, і результати видаються на борту ВС, що виконує посадку або готується до взльету. Однак система не може попереджати про ситуації, коли СВ тільки прогнозується. В 1992 році була випробувана наземна система прогнозування СВ, яка отримала назву Terminal Doppler Weather Radar. Випробування проходили в аеропортах Orlando, Fla і Denver Stapleton. Система, як і бортові системи, заснована на використанні мікрохвильових і доплерівських радарів, принцип дії яких аналогічний розглянутим бортовим системам. В середині 1994 року така система була встановлена більш ніж в 40 аеропортах США. Однак навіть при наявності цієї системи необхідно її взаємодія з бортовими системами виявлення СВ в силу слабкої прогнозованості цього явища.

Немаловажну роль грає служба прогнозу погоди, яка заблаговременно попереджає пілотів про наближення зсуву вітру. Прогнози

значительного СВ на малой высоте в нижних слоях атмосферы в районах аэропортов передаются из службы погоды в главный центр управления воздушным движением (УВД), откуда они направляются в аэропорты в виде рекомендаций. Рекомендации передаются через каждые 2 – 3 часа. Информация содержит данные о направлении и скорости ветра по обеим сторонам фронтальных зон, время, в течение которого эти условия будут оказывать влияние на метеобстановку в аэропорту, и причину СВ.

На борт информация передается автоматически информационной службой аэропорта.

Еще одним направлением решения проблемы СВ, которое сохраняет свою актуальность до полного ее решения, как у нас в стране, так и за рубежом, является разработка и совершенствование рекомендаций экипажу, направленных на повышение безопасности полета в условиях СВ, по результатам математического моделирования динамики полета ВС с учетом влияния различных изменений метеословий.

Здесь необходимо помнить, что тренированный пилот в экстремальных условиях ведет себя как оптимальный линейный автомат. Поэтому при тренировках экипажей на тренажерах по парирования СВ необходимо:

– поставить пилота в условия возникновения наиболее опасного СВ для данного типа ВС;

– обосновать оценку качества пилотирования ВС в условиях СВ. Если первое требование выдвигает необходимость поиска критических профилей СВ для данного типа ВС и для конкретного пилота (критический профиль дает возможность сертификационной оценки системы автоматического управления ВС на предмет парирования СВ), то второе является базой для выработки рекомендаций по пилотированию ВС в директорных и автоматических режимах полета ВС.

## Выводы

Анализ авиационных происшествий показывает, что одним из основных факторов, прямо или косвенно влияющих на БП, является сдвиг ветра. Следует отметить, что частота авиационных проис-

шествий в мире за 2013 год снизилась на 13 %, составив 2,8 на миллион вылетов по сравнению с 2012 годом, где 3,2 на миллион вылетов. Поэтому, проблема снижения АП и повышения БП до сих пор остается нерешенной в достаточной мере.

В каждый момент полета предельные значения сдвига ветра, при которых еще возможен благополучный исход полета, могут меняться, а это усложняет задачу пилота по устранению возникшей нестандартной ситуации.

Экипаж до сих пор не имеет возможности располагать абсолютно точной и достоверной информацией о приближении сдвига ветра, поэтому исследование поведения воздушных судов при сдвиге ветра, разработка алгоритмов передачи на борт ВС изменений параметров его движения, обоснование рекомендаций членам экипажа, гарантирующих безопасность летной эксплуатации при попадании воздушного судна в область сдвига ветра, является актуальной задачей.

## Список литературы

1. Аварийность самолетов с СДД стран-членов ИКАО при всех видах полетов за период эксплуатации с 1982 г. по 1992 г. Обзор №642/ПЯ8759, руководитель Полтавец В.А. – №ГРХ74579. – М., 1987. – 74 с: ил. – Ответственный исполнитель Пляцек А.В.
2. Берард А.Дж. мл. Причины, порождающие сдвиги ветра в атмосфере, и методы их обнаружения / А.Дж. Берард мл. // *Аэрокосмическая техника*. – 1983. – Т.1, №3. – С. 13-20.
3. Обрубов А.Г. Динамика полета в условиях сдвига ветра / А.Г. Обрубов, В.Е. Грязин // *Труды ЦАГИ*. – 1983. – вып. 2163. – 24 с.
4. Lopez R.L. FA A moves out on solving windshear problem / R.L. Lopez, J.R. Wilson // *Interavia*. – 1989. – 44, №3. – P. 260-263.
5. Luers J. The effect of heavy rain on wind shear attributed accidents. / J. Luers, P. Haines // *ALAA Pap.* – 1981. – №390.

Поступила в редколлегию 16.01.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.И. Осадчий, Кировоградский национальный технический университет, Кировоград.

## ВПЛИВ ЗСУВУ ВІТРУ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ ТА НАПРЯМКИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

Н.І. Обідін, Т.Р. Буран

В цій публікації показано, що рішення проблеми безпеки польотів повітряних суден (ПС), під час заходу на посадку та злету, багато в чому залежить від урахування впливу на закінчення польоту несистемних факторів, до котрих треба віднести турбулентність, зсув вітру (ЗВ), зливові опади і т.д. Аналіз впливу різноманітних метеорологічних явищ на безпеку польотів (БП), а також способів підвищення БП під час етапів злету та посадки, дозволяють визначити подальші напрямки досліджень в області підвищення безпеки польотів повітряних суден в несприятливих умовах.

**Ключові слова:** складні метеоумови, зсув вітку, безпека, дослідження, льотні випробування, турбулентність.

## WIND SHEAR INFLUENCE ON FLIGHT SAFETY AND WAYS OF ITS INCREASING

N.I. Obidin, T.R. Buran

This publication deals with the solution for flight safety problem of aircraft during take off and coming to land depends largely on the account of influence on the outcome of the flight off-system factors, which should include turbulence, wind shear, storm rainfall, etc. There was provided analysis of influence of different meteo phenomenon upon flight safety as well as methods of increasing flight safety during takeoff and landing. There was determined ways of further research for increasing the safety of flights of aircraft in adverse weather conditions.

**Keywords:** bad weather, wind shear, safety, research, flight tests, turbulence.