

УДК 629.735.33

## ***ВЛИЯНИЕ ПОСАДОЧНОЙ МАССЫ И ЦЕНТРОВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА ТЕХНИКУ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫРАВНИВАНИЯ***

***Чихачев О.Е.***

*аспирант кафедры № 21 «Лётной эксплуатации и безопасности полётов в гражданской авиации»,*

*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени главного маршала авиации А.А. Новикова,*

*Санкт-Петербург, Россия*

***Анискевич Ю.В.***

*к.т.н., доцент кафедры № 14 «Аэродинамики и динамики полёта», Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени главного маршала авиации А.А. Новикова,*

*Санкт-Петербург, Россия*

### **Аннотация**

В статье рассматривается влияние посадочной массы и положения центра тяжести воздушного судна на кинематику и динамику маневра выравнивания. Проанализированы механизмы изменения требуемого угла отклонения руля высоты, темпа нарастания кабрирующего момента и высоты начала выравнивания при варьировании эксплуатационных параметров загрузки. Показано, что увеличение посадочной массы повышает инерционность воздушного судна, а смещение центровки к предельно задним значениям существенно снижает запас продольной устойчивости. Рассмотрены практические рекомендации по адаптации техники выравнивания и выявлены типичные ошибки пилотирования в условиях нерасчётной загрузки.

**Ключевые слова:** выравнивание, посадочная масса, центровка, центр тяжести, продольная устойчивость, техника посадки, динамика полёта.

***INFLUENCE OF LANDING MASS AND CENTRE OF GRAVITY ON  
AIRCRAFT FLARE TECHNIQUE***

***Chikhachev O.E.***

*postgraduate student, Department No. 21 «Flight Operations and Flight Safety in Civil Aviation»,*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation,*

*Saint Petersburg, Russia*

***Aniskevich Yu.V.***

*Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department No. 14 «Aerodynamics and Flight Dynamics»,*

*Saint Petersburg State University of Civil Aviation,*

*Saint Petersburg, Russia*

**Abstract**

The article examines the influence of landing mass and centre of gravity (CG) position on the kinematics and dynamics of the aircraft flare manoeuvre. The mechanisms by which loading parameters affect required elevator deflection, pitching moment build-up rate and optimal flare initiation height are analysed. An increase in landing mass raises aircraft inertia, while an aft CG shift significantly reduces the longitudinal stability margin. Practical recommendations for adapting flare technique and typical piloting errors under non-standard loading conditions are identified.

**Keywords:** flare manoeuvre, landing mass, centre of gravity position, centre of gravity, longitudinal stability, landing technique, flight dynamics.

## 1. Введение

Посадка воздушного судна (ВС) является завершающим и одним из наиболее ответственных этапов полёта. В фазе выравнивания — кратковременном переходном манёвре между установившимся снижением по глиссаде и касанием взлётно-посадочной полосы (ВПП) — формируются условия, непосредственно определяющие вертикальную нагрузку на конструкцию ВС в момент приземления. По данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК), посадочные инциденты, включая грубые приземления, стабильно входят в число наиболее распространённых авиационных событий гражданской авиации государств-участников Соглашения [7]. Мировая статистика коммерческой авиации подтверждает тенденцию: на фазы захода на посадку и посадки приходится непропорционально большая доля авиационных происшествий относительно доли полётного времени [9].

Среди эксплуатационных факторов, определяющих условия выравнивания, ключевое место занимают посадочная масса и положение центра тяжести (ЦТ) ВС. Оба параметра существенно варьируются от рейса к рейсу в зависимости от коммерческой загрузки и остатка топлива. Диапазон допустимых посадочных масс может достигать 30–40% от максимальной посадочной массы, а диапазон центровок — 20–30% средней аэродинамической хорды (САХ), что принципиально меняет характер реакции ВС на управляющие воздействия.

Теория влияния центровки на продольную устойчивость и управляемость детально разработана в фундаментальных монографиях по динамике полёта [3; 4]. Вопросы практической аэродинамики конкретных типов ВС применительно к посадочному этапу рассмотрены в отраслевых учебных изданиях [2]. Несмотря на автоматическую коррекцию характеристик управляемости, зависимость кинематики выравнивания от посадочной массы и центровки сохраняется — ВС с электродистанционной системой управления (ЭДСУ) не устраняет физические законы движения, а лишь меняет форму их проявления.

Цель настоящей работы — систематизировать физические механизмы влияния посадочной массы и центровки на маневр выравнивания, проанализировать их практические последствия для техники пилотирования и сформулировать рекомендации для программ подготовки лётного персонала, регламентированных требованиями ФАП-128 [8] и документами ИКАО [11].

## 2. Физические основы маневра выравнивания

### 2.1. Кинематика вертикального движения при выравнивании

Маневр выравнивания представляет собой переходный процесс от установившегося снижения по глиссаде к горизонтальному полёту с последующим парашютированием. В упрощённой одноплоскостной постановке движение ВС в вертикальной плоскости описывается уравнением изменения вертикальной составляющей скорости [3; 4]:

$$\frac{dV_y}{dt} = \frac{(Y - G)}{m} = \frac{C_y \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S}{2m} - g, \quad (1)$$

где  $V_y$  — вертикальная скорость снижения, м/с;  $Y$  — подъёмная сила, Н;  $G = mg$  — вес ВС, Н;  $m$  — масса ВС, кг;  $C_y$  — коэффициент подъёмной силы;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  — воздушная скорость, м/с;  $S$  — площадь крыла, м<sup>2</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Из уравнения (1) следует принципиальный вывод: темп уменьшения вертикальной скорости ( $dV_y/dt$ ) прямо пропорционален избытку подъёмной силы над весом и обратно пропорционален массе ВС. При неизменном угле атаки и скорости полёта большая масса требует большего времени (и, значит, большей высоты) для гашения вертикальной скорости до приемлемого значения [3].

### 2.2. Динамика угловых движений при взятии штурвала

Угловое ускорение ВС по тангажу, создаваемое отклонением руля высоты (РВ), определяется уравнением:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{M_z(\delta_{РВ})}{I_z} = \frac{m_z \delta \cdot \delta_{РВ} \cdot q \cdot S \cdot b_a}{I_z}, \quad (2)$$

где  $\theta$  — угол тангажа ВС, рад;  $m_{z\delta}$  — производная момента тангажа по углу отклонения РВ (безразмерная);  $\delta_{РВ}$  — угол отклонения РВ, рад;  $q = \rho V^2/2$  — скоростной напор, Па;  $b_a$  — средняя аэродинамическая хорда крыла, м;  $I_z$  — момент инерции ВС относительно поперечной оси, кг·м<sup>2</sup>.

Из уравнения (2) следует, что угловое ускорение по тангажу обратно пропорционально моменту инерции  $I_z$ . При увеличении загрузки  $I_z$  возрастает, реакция ВС на взятие штурвала замедляется. При этом эффективность РВ в смысле создаваемого момента практически не зависит от массы ВС — она определяется скоростным напором, геометрией крыла и производной  $m_{z\delta}$ . Таким образом, масса влияет на «скорость» реакции ВС, но не на располагаемый управляющий момент [4].

### 3. Влияние посадочной массы на характеристики выравнивания

#### 3.1. Посадочная скорость и вертикальная скорость снижения

Расчётная посадочная скорость  $V_{ref}$  устанавливается из условия обеспечения нормируемого запаса по скорости относительно скорости сваливания  $V_s$  в посадочной конфигурации:

$$V_{ref} = 1,3 \cdot V_s = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{2mg}{C_{y_{max}} \cdot \rho \cdot S}}, \quad (3)$$

откуда следует, что  $V_{ref}$  пропорциональна  $\sqrt{m}$ . При увеличении посадочной массы на 10% расчётная скорость захода возрастает приблизительно на 5%. Поскольку вертикальная скорость снижения по глиссаде  $V_y = V_{ref} \cdot \sin(\gamma) \approx V_{ref} \cdot \gamma$  при малых углах  $\gamma$ , она также пропорционально возрастает. Нормы АП-25 [1] ограничивают вертикальную скорость в момент касания при максимальной посадочной массе значением 3,05 м/с (600 фут/мин).

При неизменной технике выравнивания вертикальная скорость в момент касания при максимальной массе будет выше, чем при минимальной, — причём разница может составлять 10–15%. Это напрямую увеличивает риск превышения нормируемых нагрузок на конструкцию шасси и планёра.

### ***3.2. Инерционность и высота начала выравнивания***

Инерционность ВС при выравнивании проявляется в запаздывании реакции на взятие штурвала, которое, как следует из уравнения (2), определяется моментом инерции  $I_z$ . При равномерно распределённой загрузке  $I_z$  примерно пропорционален произведению массы на квадрат характерного размера ВС. Для типичных пассажирских самолётов увеличение посадочной загрузки до максимальной посадочной массы приводит к увеличению  $I_z$  на 20–40%, что существенно замедляет темп нарастания угла тангажа при взятии штурвала [3].

ВС с большей массой требует большей высоты для начала выравнивания: пилоту необходимо раньше инициировать кабрирующее движение, чтобы компенсировать меньшее угловое ускорение. В руководствах по лётной эксплуатации (РЛЭ) реактивных самолётов это нашло отражение в зависимости рекомендованной высоты начала выравнивания от текущей посадочной массы: для ВС семейства Ту-154 рекомендованная высота выравнивания при максимальной массе на 1–2 м выше, чем при минимальной [2; 5].

Пренебрежение данным обстоятельством — одна из наиболее распространённых причин грубых приземлений при посадках с массой, близкой к максимальной: пилот, ориентирующийся на привычный «образ» манёвра, начинает выравнивание на недостаточной высоте, и вертикальная скорость не успевает погаситься к моменту касания [5; 7].

### ***3.3. Кинетическая энергия и требования к торможению***

Помимо влияния на характеристики выравнивания, увеличение посадочной массы существенно повышает кинетическую энергию ВС в момент касания ВПП. Кинетическая энергия поступательного движения  $E_k = mV^2/2$  пропорциональна массе ВС. С учётом того, что  $V_{ref}$  пропорциональна  $\sqrt{m}$ , получаем  $E_k \sim m \cdot (\sqrt{m})^2 = m^2$ , то есть кинетическая энергия при посадке растёт быстрее, чем просто пропорционально массе. Это обуславливает значительное возрастание требований к тормозной системе ВС при максимальной посадочной

массе и сокращение допустимой зоны касания ВПП. Посадка далеко от торца ВПП при максимальной массе сопряжена с повышенным риском выкатывания.

#### **4. Влияние положения центра тяжести на технику выравнивания**

##### ***4.1. Продольная статическая устойчивость и запас устойчивости***

Положение ЦТ ВС является определяющим фактором продольной статической устойчивости. Запас статической устойчивости по перегрузке  $\Delta X_T$  определяется расстоянием между аэродинамическим фокусом ХФ и ЦТ ХЦТ, выраженным в долях САХ:

$$\Delta X_T = XФ - XЦТ > 0 \quad (\text{условие продольной устойчивости}), \quad (4)$$

где положительное значение  $\Delta X_T$  соответствует устойчивому ВС. При смещении ЦТ назад запас  $\Delta X_T$  уменьшается: ВС становится менее устойчивым и более чувствительным к управляющим воздействиям. При смещении ЦТ вперёд устойчивость возрастает, однако эффективность РВ снижается в смысле располагаемого управляющего момента на единицу отклонения [3; 4].

Для сертифицированных ВС транспортной категории диапазон допустимых центровок устанавливается в процессе лётных испытаний и закрепляется в документации типа. Предельно задняя центровка выбирается из условия сохранения приемлемых характеристик устойчивости, а предельно передняя — из условия достаточности управляющего момента РВ для выравнивания при максимальной посадочной массе [1].

##### ***4.2. Задняя центровка: повышенная чувствительность и специфические риски***

При задней центровке, близкой к предельно допустимому заднему положению ЦТ, запас продольной устойчивости  $\Delta X_T$  минимален. Это проявляется в следующих практически значимых характеристиках.

Повышенная «лёгкость» управления. Малое отклонение РВ создаёт значительный кабрирующий момент, что субъективно воспринимается как лёгкий отклик ВС на взятие штурвала. Пилот, привыкший к нейтральной или

передней центровке, рискует неосознанно перетянуть штурвал при выравнивании, что влечёт чрезмерный темп нарастания угла тангажа. Следствием может стать «вздыбливание» ВС — отрыв передней стойки шасси при касании основными стойками с потерей контроля по направлению.

Повышенная склонность к рикошетной посадке. При задней центровке реакция ВС на кабрирующее управляющее воздействие нелинейна: нарастание угла атаки после начала выравнивания происходит быстрее, чем при нейтральной центровке. Упругое отталкивание стоек шасси в сочетании с избыточным кабрирующим моментом создаёт условия для рикошетного отрыва — «козла». Повторное приземление при этом, как правило, происходит с вертикальной скоростью, превышающей первоначальную, что создаёт реальный риск превышения расчётных нагрузок по АП-25 [1].

Риск превышения угла тангажа на посадке. При задней центровке и активном взятии штурвала существует риск удара хвостовой секцией о поверхность ВПП (tail strike) — авиационного события, способного привести к нарушению герметичности фюзеляжа. Данный вид посадочных событий регулярно фиксируется в материалах МАК [7].

#### ***4.3. Передняя центровка: ограниченный ресурс управления и специфические риски***

При передней центровке, близкой к предельно допустимому переднему положению ЦТ, значительный стабилизирующий пикирующий момент требует существенного отклонения РУ для создания необходимого кабрирующего момента при выравнивании.

Ограниченный располагаемый ресурс РУ. Если в процессе выравнивания РУ выбирается до конструктивного упора при сохранении значительной вертикальной скорости снижения, пилот утрачивает возможность дальнейшего увеличения кабрирующего момента. Продолжение снижения гарантированно приведёт к грубому приземлению. Данная ситуация представляет собой

исчерпание управляющего ресурса — состояние, единственно правильным выходом из которого является уход на второй круг [11; 10].

Риск перелёта зоны приземления. Вследствие медленного темпа нарастания подъёмной силы при передней центровке возможно длительное парашютирование на малой высоте. При короткой ВПП или загрязнённом покрытии это создаёт реальный риск выкатывания [6].

Увеличение потребной высоты начала выравнивания. Снижение темпа нарастания угла тангажа при передней центровке, аналогично эффекту большой массы, требует начала выравнивания на большей высоте. Совместное действие двух факторов — максимальной посадочной массы и предельно передней центровки — создаёт наихудшие условия с точки зрения потребной высоты начала выравнивания.

## **5. Совместное влияние массы и центровки: анализ типичных сочетаний**

Взаимодействие факторов посадочной массы и центровки носит нелинейный характер и не сводится к простому суперпозированию частных эффектов.

Максимальная масса + задняя центровка. Данное сочетание реализуется, в частности, при посадке после длительного рейса с максимальной коммерческой загрузкой, когда значительный остаток топлива сосредоточен в хвостовых баках. Большая масса замедляет реакцию ВС (уравнение (2)), однако задняя центровка компенсирует этот эффект повышенной чувствительностью РВ. Суммарная реакция ВС на взятие штурвала может оказаться нормальной по ощущениям, однако риски рикошетной посадки и вздыбливания остаются повышенными из-за малого запаса устойчивости.

Максимальная масса + передняя центровка. Данное сочетание является наиболее сложным с точки зрения располагаемого управляющего ресурса. Большая масса замедляет реакцию по тангажу, а передняя центровка

дополнительно снижает создаваемый момент на единицу отклонения РВ. Суммарный эффект — максимальное запаздывание реакции ВС и минимальный располагаемый ресурс управляющего момента. Именно для этого сочетания устанавливается предельно передняя центровка ВС из условия обеспечения эффективности РВ при выравнивании.

Минимальная масса + задняя центровка. Противоположная крайность: малая масса обеспечивает малое  $I_z$  и быструю реакцию по тангажу, задняя центровка создаёт высокую чувствительность РВ. Суммарный эффект — предельно острая реакция ВС на взятие штурвала, при которой возможен чрезмерный темп нарастания угла тангажа и уход ВС выше оптимальной траектории выравнивания.

Таблица 1 – Характеристика типичных сочетаний посадочной массы и центровки

Сочетание факторов	Реакция по тангажу (субъективно)	Ресурс РВ	Основной риск
Мин. масса + передняя центровка	Вялая	Нормальный	Перелёт зоны приземления
Мин. масса + задняя центровка	Очень острая	Большой	Вздыбливание, «козёл»
Макс. масса + передняя центровка	Замедленная + вялая	Минимальный	Исчерпание ресурса РВ, грубая посадка
Макс. масса + задняя центровка	Нормальная (компенсация)	Нормальный	«Козёл», вздыбливание при ошибке
Нейтральная масса и центровка	Расчётная	Расчётный	Нет при правильной технике

## 6. Практические рекомендации по адаптации техники выравнивания

Учёт посадочной массы при определении высоты начала выравнивания. Пилот обязан знать расчётную посадочную массу конкретного рейса и соотносить её с рекомендациями РЛЭ о высоте начала выравнивания. Для ВС с

существенным диапазоном посадочных масс разница в рекомендуемых высотах может достигать 2–3 м, что принципиально важно для обеспечения нормативной вертикальной скорости в момент касания. Данный аспект должен быть предметом предпосадочного брифинга и отражаться в стандартных эксплуатационных процедурах авиакомпании.

Адаптация техники при задней центровке. При эксплуатации ВС с центровкой, смещённой назад, рекомендуется осознанно замедлять темп взятия штурвала на начальном этапе выравнивания. После первого касания следует предотвратить дальнейший рост угла тангажа своевременной дачей штурвала «от себя». Данные навыки должны отрабатываться в сценариях тренажёрной подготовки на крайних значениях центровки.

Контроль ресурса РВ при передней центровке. При выравнивании с передней центровкой пилот должен заблаговременно, ещё на высоте 5–10 м, оценить, обеспечивает ли темп нарастания угла тангажа своевременное гашение  $V_u$ . Если к высоте 3–4 м вертикальная скорость остаётся значительной, а угол отклонения РВ приближается к максимальному, единственно правильным решением является уход на второй круг.

Взаимодействие экипажа и кросс-контроль. Второй пилот должен вести непрерывный контроль вертикальной скорости по вариометру и высоты по радиовысотомеру при выравнивании, докладывая о значениях на установленных контрольных высотах. Данный принцип реализует управление ресурсами экипажа, закреплённое в требованиях PANS-TRG ИКАО [11].

Использование данных системы управления загрузкой. Пилот обязан ознакомиться с расчётными значениями посадочной массы и центровки до вылета и соотнести их с ограничениями РЛЭ. Ряд современных ВС (в частности, семейства Airbus A320) автоматически корректируют положение триммируемого горизонтального стабилизатора (THS) в зависимости от текущей центровки, что обеспечивает дополнительную компенсацию её влияния.

## 7. Типичные ошибки пилотирования в условиях нерасчётной загрузки

Анализ материалов авиационных расследований и исследований в области человеческого фактора позволяет выделить ряд типичных ошибок, характерных для ситуаций с нерасчётной загрузкой ВС.

Перенос стереотипа техники. Данная ошибка наиболее распространена при посадках с максимальной массой у пилотов, привыкших к типичной нагрузке ниже максимальной. Пилот начинает выравнивание на привычной высоте, недостаточной для тяжёлого ВС, и вертикальная скорость не успевает погаситься к моменту касания. Данный механизм — «перенос навыка» — является одним из хорошо изученных в когнитивной психологии проявлений автоматизма деятельности [10].

Неверная оценка темпа нарастания тангажа при задней центровке. Пилот воспринимает начало кабрирования как признак нормального хода выравнивания и прекращает активное взятие штурвала. Фактически ВС продолжает кабрировать с нарастающим угловым ускорением из-за малого стабилизирующего момента. В результате возникает избыточный угол тангажа, ВС «просаживается» над ВПП с повышенной вертикальной скоростью или совершает грубую посадку.

Недооценка «вялости» управления при освоении нового типа ВС. При переходе на тип ВС с более передней штатной центровкой пилот может столкнуться с неожиданно медленной реакцией на взятие штурвала. Данный аспект должен быть в явном виде включён в программу конверсионной подготовки в соответствии с принципами СВТА (Competency-Based Training and Assessment), закреплёнными в документе ИКАО PANS-TRG [11].

Несвоевременное решение об уходе на второй круг при исчерпании ресурса РВ. Данная ошибка является не ошибкой техники пилотирования, а ошибкой принятия решений — феноменом «продолжения нестабилизированного захода» [10]. Пилот, обнаружив, что выравнивание не достигается штатными управляющими воздействиями, не инициирует уход на

второй круг. Единственным действенным методом профилактики является тренажёрная отработка чёткого критерия: исчерпание ресурса РВ при сохранении значительной  $V_y$  — безусловный триггер ухода на второй круг.

## 8. Заключение

1. Посадочная масса и центровка ВС оказывают физически обоснованное, математически описываемое через уравнения (1)–(4) влияние на кинематику и динамику маневра выравнивания. Увеличение массы повышает инерционность ВС и требует более раннего начала выравнивания; задняя центровка повышает чувствительность к управляющим воздействиям; передняя — снижает эффективность РВ и ограничивает располагаемый управляющий ресурс.

2. Совместное действие факторов массы и центровки носит нелинейный характер. Наиболее критическим с точки зрения безопасности является сочетание максимальной посадочной массы с предельно передней центровкой — в этих условиях минимизируется и управляющий ресурс, и темп реакции ВС, что обосновывает необходимость разработки специальных сценариев тренажёрной подготовки для крайних сочетаний параметров загрузки.

3. Типичные ошибки пилотирования в условиях нерасчётной загрузки — перенос стереотипа техники, неверная оценка темпа нарастания тангажа, промедление с уходом на второй круг — имеют чёткую психологическую природу и могут быть существенно снижены за счёт целенаправленной тренажёрной подготовки. Данный аспект должен быть явно отражён в программах периодической подготовки лётного персонала в соответствии с требованиями ФАП-128 [8] и принципами компетентностно-ориентированной подготовки PANS-TRG ИКАО [11].

## Библиографический список:

1. АП-25. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и

использованию воздушного пространства от 11.12.2008). URL: <https://base.garant.ru/400688753/> (дата обращения: 20.03.2026).

2. Бехтир В.П., Копысов В.Х. Аэродинамика самолета Ту-154М и Ту-154Б: учеб. пособие. Ульяновск: УВАУ ГА, 2008. 126 с. URL: [https://lib.ulstu.ru/venec/disk/2014/Behtir\\_4.pdf](https://lib.ulstu.ru/venec/disk/2014/Behtir_4.pdf) (дата обращения: 20.03.2026).

3. Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Аэродинамика самолета. Динамика продольного и бокового движения. М.: Машиностроение, 1979. 352 с. URL: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&id=250014> (дата обращения: 20.03.2026).

4. Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Динамика самолета. Пространственное движение. М.: Машиностроение, 1983. 320 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/search#q=Бюшгенс+Студнев+Пространственное+движение> (дата обращения: 20.03.2026).

5. Киселевич В.Г., Кубланов М.С., Ципенко В.Г. Моделирование захода на посадку и посадки самолета Ил-76 с различными посадочными массами и при отказе двигателей // Научный вестник МГТУ ГА. 2013. № 188. С. 7-9. URL: <http://storage.mstuca.ru/jspui/handle/123456789/5983> (дата обращения: 20.03.2026).

6. Кубланов М.С., Чернигин К.О. Математическое моделирование посадки самолета Ил-76ТД-90ВД в Антарктиде // Научный вестник МГТУ ГА. 2016. Т. 19, № 6. С. 35-41. URL: <https://avia.mstuca.ru/jour/article/view/980> (дата обращения: 20.03.2026).

7. Межгосударственный авиационный комитет. Состояние безопасности полётов в гражданской авиации государств — членов МАК: ежегодный доклад. М.: МАК, 2022. URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/> (дата обращения: 20.03.2026).

8. Об утверждении Федеральных авиационных правил подготовки и выполнения полётов в гражданской авиации Российской Федерации: Приказ Министерства

транспорта Российской Федерации от 31.07.2009 № 128 (ред. от 29.05.2023).

URL: <https://base.garant.ru/196235/> (дата обращения: 20.03.2026).

9. Boeing Commercial Airplanes. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations, 1959–2022. Seattle: Boeing, 2023. 28 p. URL: [https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/company/about\\_bca/pdf/statsum.pdf](https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf) (дата обращения: 20.03.2026).

10. Dismukes R.K., Berman V.A., Loukopoulos L.D. The Limits of Expertise: Rethinking Pilot Error and the Causes of Airline Accidents. Aldershot: Ashgate, 2007. 329 p. URL: <https://www.routledge.com/The-Limits-of-Expertise-Rethinking-Pilot-Error-and-the-Causes-of-Airline/Dismukes-Berman-Loukopoulos/p/book/9780754649656> (дата обращения: 20.03.2026).

11. ICAO. Procedures for Air Navigation Services — Training (PANS-TRG). Doc 9868. 3rd ed. Montreal: ICAO, 2020. URL: <https://store.icao.int/en/procedures-for-air-navigation-services-training-doc-9868> (дата обращения: 20.03.2026).

© Чихачев О.Е., Анискевич Ю.В., 2026.