

Рекомендации экипажам самолета Бе-200ЧС по выполнению полетов с водной поверхностью



Г. В. Коваленко,
докт. техн. наук,
профессор,
заведующий кафедрой
«Летная эксплуатация
и профессиональное
обучение авиационного
персонала»
Санкт-Петербургского
государственного
университета гражданской
авиации (СПбГУ ГА)



С. Г. Лобарь,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Летная эксплуатация
и профессиональное
обучение авиационного
персонала» СПбГУ ГА



Ю. Ю. Михальчевский,
канд. техн. наук,
заведующий кафедрой
«Управление воздушным
движением»,
проректор по ДПО и МС,
директор АУЦ



М. Ю. Смуров,
докт. техн. наук,
профессор, заведующий
кафедрой «Коммерческая
деятельность»,
ректор СПбГУ ГА

Если управление гидросамолетом и самолетом в воздухе не имеет существенной разницы, то эксплуатация гидросамолета на водной поверхности и самолета на земле значительно различается. Для обеспечения безопасного пилотирования самолета-амфибии Бе-200ЧС на этапах взлета, посадки и при движении по воде предлагается использовать метод оценки профиля волны.

В отличие от большинства стран, где после Второй мировой войны интерес к гидроавиации значительно снизился, наша страна не прекращала усилий в деле развития морских и амфибийных воздушных судов (ВС), поэтому сегодня она объективно занимает в этой сфере лидирующие позиции. В СССР еще в 1930-е годы сложилась научная школа гидродинамики, опиравшаяся на развитую систему теоретических и экспериментальных методов [1–9].

Типичный современный представитель класса летающих лодок – самолет-амфибия Бе-200ЧС Таганрогского авиационно-технического комплекса им. Г. М. Бериева. В нем реализованы передовые достижения в области отечественной аэродинамики и гидродинамики [10].

Не только создание новых материалов, двигателей и конструкций, но и совершенствование методик подготовки летного состава, обоснование правильности принятия решения о выполнении полета существенно расширяют область эксплуатации авиации и являются залогом повышения уровня безопасности полетов.

Если при эксплуатации гидросамолетов и самолетов в воздухе нет существенной разницы, то эксплуатация гидросамолета на водной поверхности значительно отличается от эксплуатации самолета на земле.

Эксплуатационные ограничения при взлете и посадке

Эксплуатационные ограничения при взлете и посадке на взволнованную поверхность моря целесообразно вначале рассмотреть применительно к

двухмерному регулярному волнению, у которого все волны одинаковой высоты и длины, а затем решить, можно ли полученные данные использовать как эксплуатационные ограничения для выполнения взлетов или посадок в условиях реального волнения моря.

Допустим, на поверхности моря образовалось интересующее нас волнение с параметрами двухмерных регулярных волн. За исходные условия возьмем волнение с предельно крутыми волнами высотой 1 м. Такие волны имеют крутизну 1/7, что соответствует их длине 7 м. По мере увеличения длины волны не только уменьшают свою крутизну, но и, соответственно, меняют профиль. Из практики известно, что при отношении длины волны к длине корпуса ВС, равном 0,75, самолет не испытывает значительных продольных или вертикальных колебаний, так как его корпус лежит на двух гребнях волн. Следовательно, для таких условий волнения основным эксплуатационным ограничением могут быть предельно допустимые перегрузки, а их несложно увязать с максимальной высотой волн, при которых возможно выполнение взлетов и посадок на взволнованную поверхность моря.

Дальнейшее увеличение длины волн приведет к росту перегрузок, появлению неустойчивости движения самолета на разбеге или пробеге. При отношении длины волны к длине корпуса лодки, равном 1,15–1,2, устойчивость может нарушиться до такой степени, что размах колебаний по углам ϕ (угол между нижней строительной горизонталью и плоскостью свободной водной поверхности; этот угол называют углом дифферента), перегрузки и рикошеты

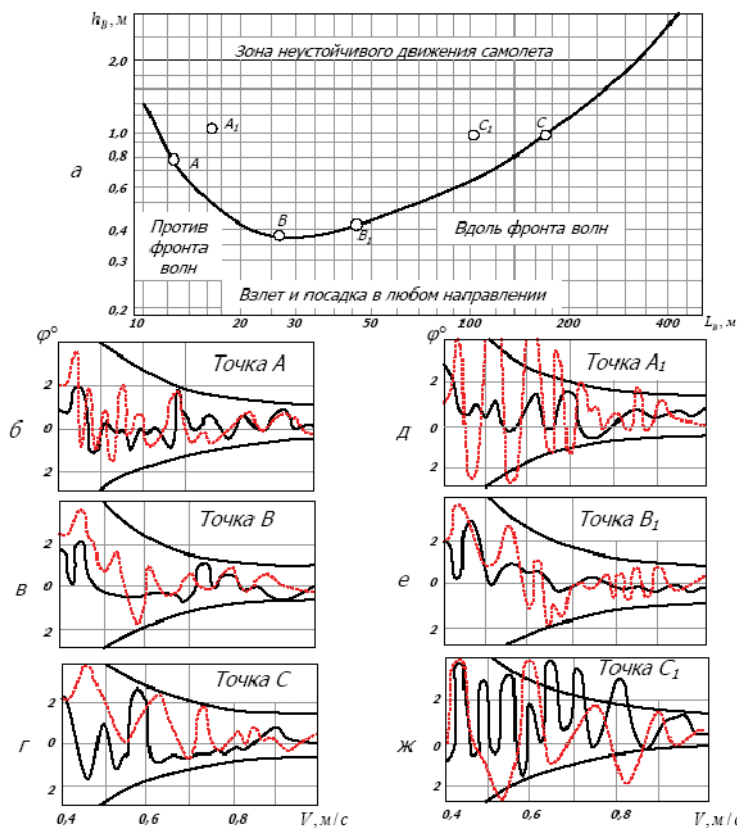


Рис. 1. Принципиальная схема построения эксплуатационных ограничений для взлета и посадки самолета в море; а, б, в, г – примеры устойчивого движения самолета в условиях, соответствующих положению точек А, В, С относительно кривой (сплошной кривой показано изменение угла ϕ на взлетах, пунктирной – на посадках, 0 – рекомендуемые углы ϕ для взлета и посадки); д, е, ж – примеры неустойчивого движения самолета в условиях, соответствующих положению точек A_1, B_1, C_1 относительно кривой

достигнут предельно допустимых значений по условиям эксплуатации самолета. Выход на опасные режимы движения весьма вероятен.

Рассмотрим другой случай. При той же высоте волн будем не увеличивать их длину, а уменьшать. За исходную длину возьмем такую, которая была бы равна дистанции разбега или пробега. Сначала пилот может и не почувствовать признаков нарушения устойчивости или перегрузок, но затем по мере уменьшения длины вновь появится раскачивание с увеличением размахов по ϕ . Наконец, наступает предел, выраженный отношением h/λ , далее которого уменьшение длины небезопасно.

Полеты при других значениях высоты волн дадут ряд новых предельно допустимых отношений h/λ , где h – высота, м (превышение вершины волны над ее подошвой); λ – длина, м (горизонтальное расстояние между вершинами двух смежных гребней на волновом профиле), при которых возможно выполнение нормальных взлетов и посадок. Если точки, соответствующие полученным отношениям, соединить в системе координат h и λ , появится линия, аналогичная кривой на рис. 1.

Кривую можно принять за эксплуатационные ограничения при использовании самолета с посадками в море, но только для условий волнения с двухмерными регулярными волнами одинаковой высоты и длины. Такого волнения практически нет. Значит, к эксплуатационным ограничениям кривую можно отнести лишь тогда, когда она будет

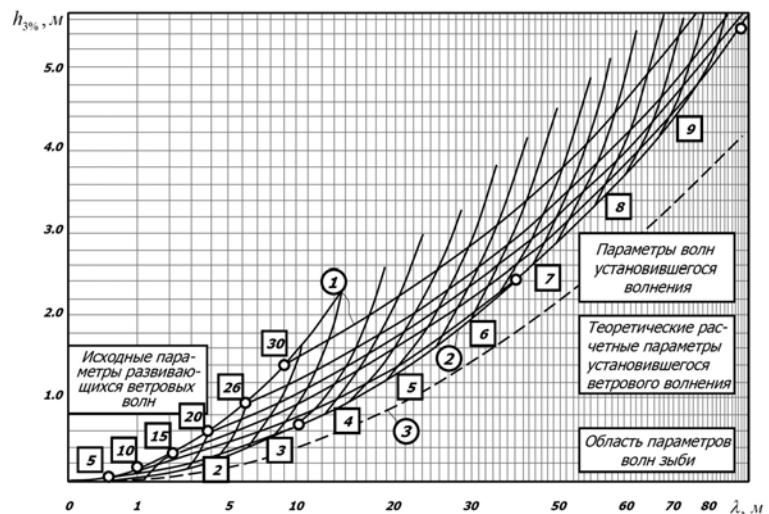


Рис. 2. Взаимосвязь параметров развивающегося ветрового волнения:

T_n – период наблюдаемых волн в составе групп, с;

числа в квадратах – значения скорости ветра, м/с;

цифры 1, 2, 3 в кружках относятся к кривым исходных параметров волн

соответствовать условиям смешанного волнения моря. Новая кривая будет выглядеть несколько иначе. Рассмотрим этот вопрос более подробно. При выполнении взлетов и посадок на воду можно встретить три условия волнения, а также их комбинацию. Каждое из условий по-своему будет определять поведение самолета на разбеге или пробеге.

Полеты с посадками на закрытых акваториях в условиях волнения

Взлеты и посадки выполняются, как правило, против ветра и волн. Рассмотрим, с какими параметрами волн можно встретиться при ветре 10 и 15 м/с на поверхности достаточно глубокой акватории, если ее длина по направлению ВПП равна 8 км.

Длина ВПП достаточна для того, чтобы при ветре 10 м/с в центральной ее части высота волн была 0,72 м, а у подветренного берега – 1 м (рис. 2, 3).

Длина таких волн – 9 и 14 м, что соответствует крутизне 1/12,5 и 1/14. При ветре 15 м/с высота волн равна, соответственно, 0,9 и 1,42 м, длина – 10 и 18 м, крутизна – 1/11 и 1/12,6.

По характеристикам такие параметры волн соответствуют начальной стадии развития ветрового волнения. Несмотря на то, что волнение имеет все признаки нерегулярности, волны еще не успели образовать четко выраженные группы. На поверхности рассматриваемой акватории нет параметра, характеризующего волнение, который мог бы быть причиной появления неустойчивости на взлете или посадке.

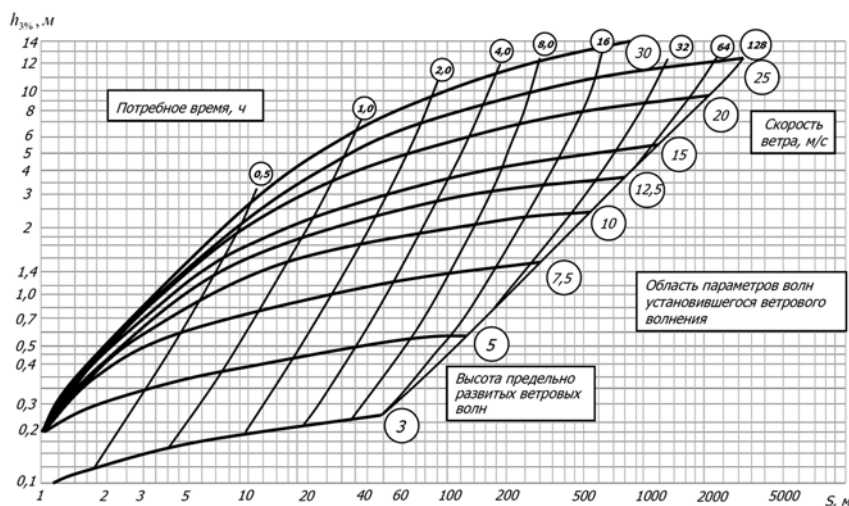


Рис. 3. Потребное время и расстояние для развития ветровых волн до высот 3 % обеспеченности

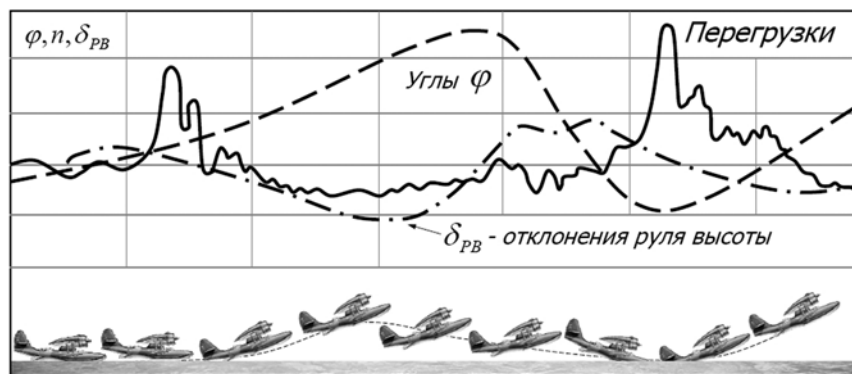


Рис. 4. Взаимосвязь перегрузок с нарушением устойчивости движения самолета на взлете

По этой причине эксплуатационные ограничения для данных условий волнения будут определяться предельно допустимыми перегрузками конструкции, которые увязываются с высотой волн для взлета и посадки на воду. Предположим, что пилот освоил в данных условиях взлет и посадку при высоте волн 1 м. Достаточно ли приобретенного опыта для выполнения посадок в море, если высота волн в обоих случаях одинакова и составляет 1 м? Механически перенести приобретенный опыт полетов с закрытых акваторий в открытое море, по нашему мнению, нельзя.

Полеты с посадками в море в условиях ветрового волнения

Может ли быть на поверхности моря волнение, наблюдаемое на закрытых акваториях? Да, но очень редко. Его можно встретить на очень узком участке поверхности моря при небольших удалениях от наветренного берега.

Допустим, что экипаж определил с борта своего самолета параметры наиболее крупных ветровых волн. Высота

равна 1 м, а длина соответствует отношению $\lambda/L_{кор} = 0,8$. Волнение характеризуется как ветровое установившееся.

Применительно к ранее проводимым экспериментам с двухмерными волнами условия для выполнения посадки в море идеальные. В действительности это выглядит несколько иначе.

Анализируя поведение самолета при взлетах и посадках в условиях смешанного ветрового волнения на море, отмечаем, что степень нарушения устойчивости и величины перегрузок зависит от параметров волн, входящих в состав групповых, и расстояния между группами. В то же время расстояние между группами зависит от крутизны волн, входящих в их состав, т. е. от величин h и λ . Если для аэродромных условий применительно к ранее рассмотренным нами условиям в центральной части ВПП расстояние между группами еще только обозначается и не превышает 30–35 м, то для реального установившегося ветрового волнения на поверхности моря оно равно примерно 7λ , или $\lambda_{гп} = 110$ м.

На рис. 4 показано, как три рассмотренные параметра ветрового волнения создали сложные условия для пилота при взлете. Если кривая на рис. 1 рассчитана с учетом этих трех параметров или нанесена по результатам экспериментов в реальных условиях, ее можно принять за эксплуатационные ограничения, и она будет одинаково верна для ветрового волнения как в море, так и на закрытых акваториях.

Полеты с посадками в море на длинные волны зыби

Мы рассмотрели, как по мере уменьшения длины волн разной высоты был получен ряд отношений h/λ , позволивший построить правую часть кривой на рис. 1. Требования этой части кривой одинаково верны как для условий двухмерных регулярных волн, так и для реального волнения типа «зыбь». Для самолетов с большими дистанциями разбега или пробега применительно к третьим условиям волнения на поверхности моря редко можно встретить крутизну волн, обеспечивающую нормальные условия для взлета или посадки против их фронта. Однако ее можно создавать искусственно — выбором направления движения самолета относительно фронта волн. Профиль пересекаемых волн по курсу движения самолета на разбеге или пробеге пилоты называют встречным. Параметры волн, которые мы рассматривали применительно к трем условиям волнения, можно заменить параметрами встречного профиля LB , а крутизну, соответственно, h/LB . На рис. 1 видно, что кривая ABC разделяет область возможных отношений h/LB на две зоны. Отношения, расположенные ниже кривой, обеспечивают нормальные условия для взлетов и посадок как по устойчивости, так и по величине возникающих перегрузок. В зависимости от конструктивных особенностей самолета кривая эксплуатационных ограничений может менять свой наклон, смещаться относительно осей координат и видоизменяться. Кроме того, каждый тип самолета может иметь несколько кривых. Например, самолет «Каталина» (США) имел две кривые: одну — для взлетов и посадок на первый редан (редан — уступ на днище лодки, назначение которого — обеспечивать малое гидродинамическое сопротивление на режиме глиссирования, что позволяет сократить длину разбега), другую — только для посадок на третий

редан. Самолет «Маринер» (США) имел одну кривую для взлетов, другую – для посадок. Самолет «Си Мастер» (США) – одну кривую как для взлетов, так и для посадок.

Все кривые эксплуатационных ограничений имеют прогиб вниз (рис. 1а), поэтому следует критически рассматривать данные, появляющиеся в печати о мореходных качествах того или другого самолета и его способностях выполнять взлеты и посадки на высокие волны.

Конечно, для демонстрационных полетов можно использовать условия волнения, позволяющие реализовать крайние точки кривой эксплуатационных ограничений, особенно в тех случаях, когда самолет имеет укороченные дистанции разбега и пробега, а пилоту предоставлена возможность выполнять приводнение в намеченной точке выбранной волны, т. е. использовать второй метод выполнения посадок в море.

На рис. 1б–ж внизу для двухреданных самолетов с увеличенными дистанциями разбега и пробега показан типичный вид границ, допустимых отклонений угла ϕ по скорости и примеры нарушения устойчивости движения самолета на взлетах и посадках в условиях, соответствующих положению точек

A_1, B_1, C_1 относительно кривой эксплуатационных ограничений.

В заключение сформулируем выводы:

- принимать высоту волн за основу эксплуатационных ограничений без ее связи с длиной нельзя, так как это ограничивает использование самолета с посадками в море. Высота волн как эксплуатационное ограничение больше отражает местные условия при экспериментах, чем возможности, заложенные в конструкции самолета;

- максимальная высота волн, при которых можно выполнять взлеты и посадки в море, есть величина переменная, зависит от располагаемой длины встречного профиля;

- в целях безопасности полетов и расширения возможностей использования самолетов с посадками в море целесообразно пересмотреть существующую систему эксплуатационных ограничений. Это позволит экипажам выполнять взлет и посадку при высоте волн, значительно превышающих существующие ограничения, или, напротив, в интересах безопасности не выполнять их даже в тех случаях, когда степень волнения ниже допустимой;

- в основе опыта полетов с посадками в море заложено умение пилота на практике реализовать кривую эксплуа-

тационных ограничений в сложившихся гидрометеороусловиях. ▮

Литература

1. Абрамов И. П., Тихонов А. И. Влияние геометрических параметров днища на посадочный удар самолета. М., 1968.
2. Johnson E. R. American Flying Boats and Amphibious Aircraft. NY: McFarland, 2009. 376 p.
3. Волков Г. Основы гидроавиации. М., 1940.
4. Volker Haas. Amphibious Aircrafts (short overview). Germany, Mainz: PediaPress GmbH, 2010. 110 p.
5. Косоуров К. Ф. Теоретические основы гидроавиации. М., 1961.
6. Самсонов П. Д. Проектирование и конструкции гидросамолетов. М., 1936.
7. Тихонов А. И. Исследование продольной качки моделей гидросамолетов на глиссировании. М., 1968.
8. Кадомцев Б. Б., Рыдник В. И. Волны вокруг нас. М., 1981.
9. Кудрявая К. И., Серяков Е. И., Скриптунова Л. И. Морские гидрологические прогнозы. Л., 1974.
10. Шулейкин В. В. Физика моря. Л., 1972.
11. Баском В. Волны и пляжи. М., 1966.
12. Руководство полетной эксплуатации самолета-амфибии Бе-200ЧС. М., 2012.

Подписка

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи по объединенному каталогу «Пресса России», **подписной индекс 15094.**

Подписаться на журнал через редакцию можно в течение года с любого месяца,

- выслав заявку **по факсу (812) 310-40-97;**
- выслав заявку **по электронной почте rt@rostransport.com;**
- или заполнив заявку **на сайте www.rostransport.com, раздел «Подписка».**



Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»,
тел. (495) 680-90-88,
<http://akc.ru>

«Артос-ГАЛ»,
тел. (812) 331-89-44