

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ВОЕННАЯ КАФЕДРА

Экз. _____

УТВЕРЖДАЮ
Ректор РГГМУ

Только для преподавателей.

Л.Н.Карлин

«___» _____ 2006г.

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

по проведению группового занятия по учебной дисциплине
«АВИАЦИОННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ».

Экспериментальная программа 2006 года издания

ТЕМА 6 «ВЛИЯНИЕ ВЕТРА И ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВИАЦИИ»

ЗАНЯТИЕ 3 «ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВИАЦИИ»

РАЗРАБОТАЛ:
ПОЛКОВНИК

АКСЕЛЕВИЧ В.И.

Обсуждено на заседании кафедры.
Протокол № от 2006 г.

г.Санкт-Петербург
2006

ЗАНЯТИЕ 3. “ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВИАЦИИ”.

УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ:

1. Дать основы влияния турбулентности на деятельность авиации.
2. Способствовать формированию правильного представления об условиях возникновения турбулентности (перегрузки и болтанки) летательных аппаратов.

ВРЕМЯ: 2 часа (90 минут).

МЕТОД: Групповое занятие.

МЕСТО: Аудитория.

УЧЕБНО-МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Баранов А.М., Солонин С.В. «Авиационная метеорология», Гидрометеиздат, 1992.
2. «Синоптическая и авиационная метеорология», часть II, Воениздат, 1985, с.90-100.
3. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. «Анализ и прогноз погоды для авиации», Гидрометеиздат, 1988, с.72-89.
4. Схемы:
 - 4.1. «Условия полетов в зонах атмосферной турбулентности» № 25.
 - 4.2. «Физические параметры атмосферы и метеоявления на больших высотах» № 3.
5. Слайды:
 - 5.1. Рис. 1.1. «Повторяемость турбулентности на различных высотах».
 - 5.2. Рис. 1.2. «Интегральная повторяемость толщины (а) горизонтальных размеров (б) турбулентных зон».
 - 5.3. Рис. 2.1. «Интегральная повторяемость $W_{эф}$. На 1 км пути в зависимости от высоты полета».
 - 5.4. Табл. 2.1. «Шкала для оценки интенсивности болтанки».
 - 5.5. Рис. 2.2. «Воздействие на полет самолета восходящих (а) и нисходящих (б) потоков».
 - 5.6. Табл. 3.1. «Повторяемость болтанки в облаках различных форм».
 - 5.7. Рис. 3.1. «Синоптические критерии болтанки ЛА».
 - 5.8. Табл. 3.2. «Повторяемость болтанки для различных синоптических ситуаций».
 - 5.9. Рис. 4.1. «Повторяемость болтанки в различных частях струйного течения».

6. Проектор (лектор, полилюкс).

1. УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ И РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ.

№ п/п	Учебные вопросы	Время, мин.
1.	Организационная часть занятия.	15
2.	Учебные вопросы:	
2.1.	Характеристика турбулентных зон в тропосфере и стратосфере.	15
2.2.	Перегрузки и болтанка, возникающие при полете в турбулентной атмосфере.	15
2.3.	Метеорологические и синоптические условия, вызывающие болтанку летательного аппарата.	20
2.4.	Рекомендации летному составу при полетах в турбулентных зонах	20
3.	Заключительная часть занятия.	5

2. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

2.1. Занятие проводится в классе в составе взвода.

2.2. В организационной части занятия преподаватель проверяет наличие студентов, их внешний вид, делает замечания. Затем проверяет готовность обучаемых к занятию.

2.3. Проверка готовности к занятию проводится путем опроса 2 – 4 обучаемых.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

- Какое влияние оказывает ветер на взлетно-посадочные характеристики ЛА?

- Что представляет собой навигационный треугольник скоростей и какие отношения определяют связь между его элементами?

- Какое влияние оказывает ветер на дальность полета (или радиус действия) и с помощью каких формул оно оценивается?
- Что представляет собой «средний ветер» для расчета параметров десантирования парашютным способом?

В ходе проверки контрольные вопросы могут быть конкретизированы, а преподаватель должен убедиться в готовности студентов к занятию. Ответы оцениваются, при необходимости дополняются и разбираются.

2.4. Во вводной части занятия преподаватель объявляет тему, название, цель и актуальность занятия, доводит учебные вопросы и литературу, используемую для изучения учебного материала данного занятия.

2.5. В ходе первого учебного вопроса преподаватель дает определение турбулентности. Рассматривает классификацию турбулентности в зависимости от причин возникновения. Использует схему 6.1 (№ 25) и 6.2 (№ 3), слайды 7.1 (Рис. 1.1) и 7.2 (Рис. 1.2).

2.6. При изложении второго учебного вопроса преподаватель рассматривает механизм возникновения перегрузки и болтанки летательного аппарата, характеризует степень их влияния на полет (формулы 2.1 – 2.6). При этом используются схемы 6.1 (№ 25) и слайды 7.3 (Рис. 2.1), 7.4 (Табл.2.1), 7.5 (Рис. 2.2).

2.7. В ходе третьего учебного вопроса преподаватель дает метеорологические и синоптические условия болтанки. Причем изучение студентами данного вопроса может проводиться самостоятельно, для чего целесообразно выдать учебник А.М.Баранова «Авиационная метеорология» (1981) с. 146-148, рис. 4.8.. Преподаватель использует для демонстрации схему 6.1 (№ 25), 6.2 (№ 3) и слайды 7.6 (табл. 3.1), 7.7 (рис.3.1), 7.8 (рис. 3.2).

2.8. При изучении четвертого учебного вопроса преподаватель рассматривает рекомендации летному составу при полетах в турбулентных зонах, при этом используются схемы 6.1 (№ 25), 6.2 (№ 3) и слайд 7.9 (рис. 4.1).

2.9. В заключительной части занятия преподаватель подчеркивает важность учета влияния турбулентных зон на полеты авиации, а также грамотных действий метеоспециалистов при обеспечении полетов в турбулентных зонах, отвечает на вопросы и дает задание на самоподготовку.

3. УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

Введение.

Ранее рассматривалось влияние ветра на деятельность авиации в предположении, что в атмосфере отсутствуют возмущения воздушного потока, т.е. поток ламинарный.

Однако такое состояние атмосферы наблюдается довольно редко, поэтому важно знать во-первых: какие бывают возмущения в воздушном потоке? во-вторых: какое они оказывают действие на летательные аппараты? и в-третьих: каким образом повысить безопасность при полетах в этих возмущениях. Ответом на эти вопросы и посвящено данное групповое занятие.

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБУЛЕНТНЫХ ЗОН В ТРОПОСФЕРЕ И СТРАТОСФЕРЕ.

Одним из характерных свойств атмосферы является турбулентность. Она представляет собой неупорядоченное, хаотическое движение воздуха. Основными причинами возникновения турбулентности в атмосфере являются градиенты температуры и скорости ветра.

В свою очередь такие градиенты наблюдаются при следующих процессах:

- неравномерный нагрев подстилающей поверхности;
- взаимодействие воздушных масс между собой или с земной поверхностью;

- интенсивное облакообразование;
- деформация воздушных течений горными препятствиями.

Очевидно, что эти процессы могут проявляться в различных сочетаниях и действовать одновременно или наоборот разнесенными по времени. Однако в большинстве случаев одни атмосферные процессы преобладают над другими и, учитывая это, турбулентность можно подразделять на термическую, динамическую и механическую.

Термическая турбулентность – возникает при неравномерном нагреве подстилающей поверхности или в результате адвекции холодного воздуха на теплую подстилающую поверхность. Характерным проявлением этого является возникновение конвективных облаков. Термическая турбулентность имеет хорошо выраженный суточный ход (максимум – днем, минимум – ночью) и существенно зависит от количества облаков (при № 3 = 3-5 баллов – турбулентность максимальная). Термическая турбулентность может проявляться во всей толще тропосферы.

Динамическая турбулентность обусловлена существованием значительных вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра, возникающих при взаимодействии воздушных масс с разными характеристиками (например, различные скорости воздушных масс приводят к трению одной воздушной массы о другую). Динамическая турбулентность проявляется на всех высотах, но большая повторяемость наблюдается в зоне струйных течений.

Механическая турбулентность образуется в результате взаимодействия воздушного потока с поверхностью земли или деформации воздушного потока орографическими препятствиями (в частном случае говорят об орографической турбулентности). Этот вид турбулентности, как правило, наблюдается в приземном слое, однако в горной местности проявляется и на больших высотах (толщина зон турбулентности превышает высоту препятствий в 3-4 раза).

Повторяемость турбулентности на различных высотах представлена на рис. 1.1.

Исследование показывает, что в целом данный график характеризует повторяемость турбулентности для различных районов и свидетельствует, что она с высотой уменьшается, затем в слое 6-12 км возрастает и достигает максимума (до 20%), далее опять уменьшается и на высоте 14-15 км не превышает 3-4%.

Турбулентные зоны имеют достаточно четко выраженные границы, что позволяет определить их толщину (рис. 1.2а) и горизонтальные размеры (рис. 1.2 б), в зависимости от которых выделяют микро-, макро-, мезотурбулентность.

В тропосфере толщина турбулентных зон составляет 400-800 м, в стратосфере – несколько меньше – 200-3—м. Следует учитывать, что с уменьшением широты вырастает повторяемость больших толщин турбулентных зон. В конкретных метеорологических условиях могут наблюдаться значительные отклонения от указанных выше, в некоторых случаях их толщина достигает нескольких тысяч метров.

а)

б)

Рис. 1.2. Интегральная повторяемость толщины (а) и горизонтальных размеров (б) турбулентных зон.

Турбулентные зоны имеют различную горизонтальную протяженность: от нескольких километров до нескольких сотен (400-500 км), а иногда тысяч километров. Однако чаще всего (около 70% случаев) для умеренных широт РФ горизонтальная протяженность составляет менее 100 км, и только в 4% случаев – больше 400 км.

Горизонтальная и вертикальная структура турбулентных зон очень сложна. Турбулентные зоны могут быть сплошными, а также прерывистыми, состоящими из нескольких турбулентных участков.

Продолжительность существования турбулентных зон может изменяться в больших пределах. Как правило, она составляет в 75% случаев – около 5 часов. В частных случаях отмечалась следующая повторяемость: в 80-90% случаев на высотах 8-12 км около 1 часа, в 60-75% - в течение 1,5-6,0 часов.

Особое место в изучении турбулентных зон принадлежит турбулентности при ясном небе (ТЯН), являющейся разновидностью динамической турбулентности. ТЯН отмечается в умеренных широтах примерно в 10%, а в южных в 15-20% от общего числа полетов самолетов. В стратосфере ТЯН наблюдается еще реже (около 1%).

Интенсивность ТЯН не превышает умеренной, горизонтальные размеры в 89% случаев не превышают 140-170 км. в тропосфере в 90% случаев не более 1000 м, в стратосфере около 350 м.

Следует учитывать, что характеристики зон ТЯН могут измениться в довольно широких пределах и иногда существенно отличаться от вышеприведенных значений.

Атмосферная турбулентность оказывает значительное воздействие на динамику полета самолетов и вертолетов, вызывая их болтанку.

3.2. ПЕРЕГРУЗКИ И БОЛТАНКА, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПОЛЕТЕ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ.

Степень влияния турбулентности на полет ЛА зависит от размеров облачных вихрей и скорости ветра в них и проявляется через болтанку ЛА. При этом болтанка обуславливается главным образом вихрями, размеры которых соизмеримы с размерами самолета (вертолета). Таким образом, для каждого ЛА можно выделить спектр размеров турбулентных вихрей, которые оказывают воздействие на его полет. Очевидно, что вихри, вызывающие болтанку, например самолеты, и наоборот.

Вместе с тем влияние турбулентности на полет зависит только от частоты изменения направления турбулентного вихря, воздействующего на самолет. При медленных изменениях воздушного потока самолет переносится вместе с ним, а высокочастотные изменения оказывают столь кратковременное воздействие, что практически незаметны.

С увеличением скорости полета спектр частот изменения турбулентных вихрей, оказывающих влияние на полет данного типа ЛА, смещается в сторону более низких частот. Например, на полет самолета с дозвуковыми скоростями оказывают влияние вихри длиной от 10-20 км до 3-4 км (тяжелых самолетов – 6-7 км), а при полете со сверхзвуковой скоростью на высотах 20 км и выше – длиной до 15-20 км.

В авиационных расчетах используются главным образом данные о величине и повторяемости так называемой эффективной скорости вертикальных порывов воздуха $W_{эф}$.

В отечественных исследованиях принимается, что $W_{эф}$ нарастает по линейному закону (рис. 2.1) и вычисляется по формуле:

$$W_{эф} = \frac{2(G/S)\Delta n}{KS_0 C_y V} \quad (2.1)$$

Где: S_0 – плотность воздуха на уровне моря;

C_Y - коэффициент подъемной силы при определенном α ;

G - вес самолета;

S - площадь крыла;

Δn – приращение перегрузки;

V - индикаторная (приборная) скорость полета;

K - коэффициент демпфирования порыва, зависящий от плотности воздуха на высоте порыва.

При расчетах $W_{эф}$ используются экспериментальные данные о величине приращения перегрузки Δn , получаемых с помощью акселерометров, установленных на ЛА.

Величина $W_{эф}$ позволяет дать количественную оценку параметрам турбулентности, влияющим на перегрузки ЛА, а затем решать обратную задачу – по полученным параметрам турбулентности определить перегрузки самолета по заданным значениям высоты и скорости полета, нагрузки на крыло, угла атаки и т.п.

Значения эффективных скоростей порывов $W_{эф}$ для различных высот представлены на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Интегральная повторяемость $W_{эф}$ на 1 км пути в зависимости от высоты полета.

Из рис. 2.1 видно, что повторяемость больших значений $W_{эф}$ уменьшается. Исключения составляют высоты 8-12 км, где располагается тропопауза и наблюдаются максимальные скорости ветра.

Таким образом, между $W_{эф}$ и перегрузкой имеется однозначная связь. Поэтому значением перегрузки можно характеризовать турбулентность атмосферы, а следовательно болтанку ЛА.

Перегрузка (n) – отношение суммы всех сил (за исключением веса ЛА), действующих на самолет, к весу ЛА, т.е.:

$$n = \frac{P+R}{G} \quad (2.2)$$

где P – сила тяги двигателя;

R – полная аэродинамическая сила;

G – вес ЛА.

На практике обычно под перегрузкой понимают отношение подъемной силы к весу самолета (G), т.е. $n = \frac{Y}{G}$ (2.3)

Из формул (2.2) и (2.3) видно, что перегрузка – величина векторная.

В горизонтальном движении, когда $Y=G$, перегрузка $n=1$. В условиях неустановившегося движения (в зоне турбулентности, например) возникает дополнительная сила, оценить которую можно с помощью сокращения:

$$Y-G=mj \quad (2.4)$$

Где: m - масса самолета;

j - вертикальное ускорение самолета при порыве.

В этом случае перегрузка будет равна:

$$n = \frac{G+mj}{G} = 1 \pm \frac{j}{g} \quad (2.5)$$

где: знак (+) – ускорение направлено вверх (восходящий поток);

знак (-) – ускорение направлено вниз (нисходящий поток), а величину $\pm \frac{j}{q} = \Delta n$ - называют приращением перегрузки.

Приращение перегрузки – ускорение, которое имеет ЛА при полете в турбулентной зоне, выраженное в долях ускорения свободного падения q . В зависимости от величины Δn удобнее оценивать интенсивность болтанки летательных аппаратов (таблица 2.1.).

Шкала для оценки интенсивности болтанки

Таблица 2.1

Интенсивность болтанки	Диапазон	Скорость одиночного порыва, м/с	Характеристика поведения самолета
1. Слабая	$(\Delta n) \leq 0,5$	< 10	Толчки, покачивание. Режим полета сохраняется. Не требуется вмешательство в управление. Пассажиры переносят хорошо.
2. Умеренная	$0,5 < (\Delta n) \leq 1$	10 - 15	Отдельные броски ($\Delta H < 20$ м/с), крены, рыскание изменение скорости (до 20 км/ч). вмешательство в управление. Изменяется режим полета. Переносится удовлетворительно.
3. Сильная	$(\Delta n) > 1$	> 15	Исключительно резкие броски, большие перегрузки, резкие изменения по высоте (до 40 м и более) и скорости (более 40 км/ч). Переносится плохо. Требуется изменения параметров полета.

Болтанка ЛА может привести к интенсивным броскам вверх (вниз), толчкам вперед (назад), увеличению (уменьшению) угла атаки и другим изменениям в параметрах полета, что влияет на безопасность полета (рис. 2.2).

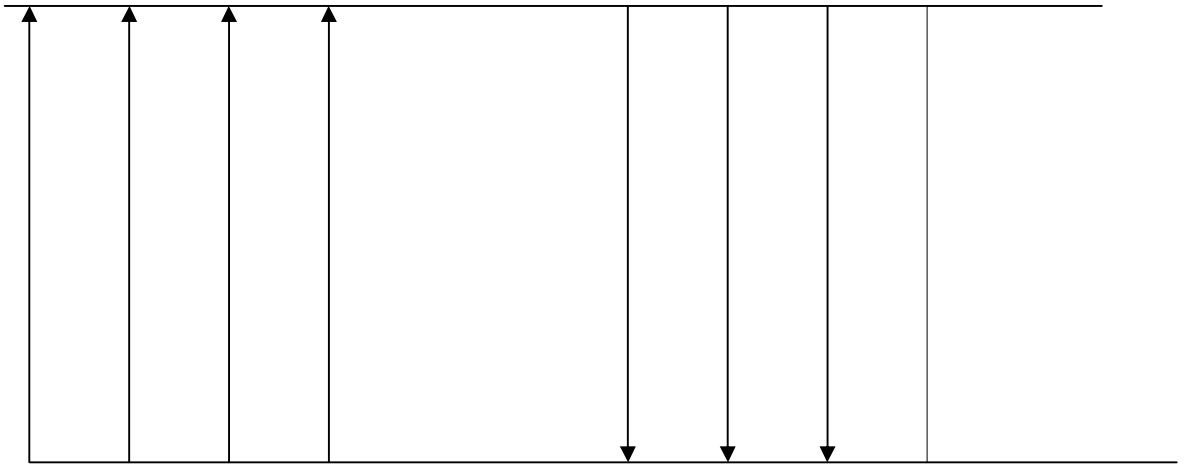


Рис 2.2. Воздействие на полет самолета восходящих (а) и нисходящих (б) потоков.

Если переписать формулу (2.1) относительно приращения перегрузки Δn , получим

$$\Delta n = \frac{k r_v C_Y V W_{эф}}{aG / S} \quad (2.6)$$

Откуда видно, что величина Δn для данного самолета возрастает с увеличение скорости полета V , (при прочих равных условиях).

Поэтому при попадании ЛА в зону интенсивной болтанки прежде всего рекомендуется уменьшить скорость полета до безопасной. Важное значение при этом имеет значение метеорологических и синоптических условий, вызывающих болтанку летательных аппаратов.

3.3. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ И СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ БОЛТАНКУ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Ранее указывалось, что турбулентные зоны чаще всего возникают там, где наблюдаются значительные градиенты температуры и скорости ветра.

Экспериментальные и теоретические исследования показали, что наиболее важной и определяющей величиной, характеризующей термическую и динамическую структуру потока, является число Ричардсона:

$$R_i = \frac{q}{T} \frac{(g_a - g)}{b_z} \quad (3.1)$$

где T – температура в К;

q – ускорение свободного падения;

γ_a, γ – адиабатический и наблюдаемый вертикальные градиенты температуры;

$\beta = \frac{\partial u}{\partial z}$ – сдвиг ветра, вертикальный градиент скорости ветра.

С помощью радиозондирования атмосферы можно получить сведения о температуре, скорости и направлении ветра, их изменениях с высотой. Исследуя эти параметры по слоям мощностью порядка 500-600 м (или 1000 м) и подставляя их значения в формулу (3.1) можно с помощью числа Ричардсона оценить влияние температуры и ветра на атмосферную турбулентность (болтанки), определив пороговые значения R_i . Теоретически установлено, что при $\frac{1}{4}$ в каком-либо слое вследствие гидродинамической неустойчивости возможно возникновение турбулентности (болтанки), а для ее сохранения достаточно выполнение условия $R_i \leq 1$. Однако в реальных условиях турбулентные очаги

встречаются и при числах R_i , превышающих эти критические значения (от $\frac{1}{4}$ до 10), и зависят от степени возмущенности атмосферы, характера вертикального и горизонтального распределения скорости ветра и температуры. Причем, вклад градиента скорости (сдвига ветра) часто намного превышает вклад вертикального градиента температуры.

Поэтому для конкретных районов число Ричардсона может иметь свои, отличающиеся от вышеуказанных значений. Важно учитывать, что болтанка чаще наблюдается там, где имеется облачность (таблица 3.1), особенно конвективных форм, где болтанка наблюдается в 90-95% случаев.

Таблица 3.1.

Повторяемость болтанка в облаках различных форм

Форма облаков					Без уточнения формы
St, fr, Sc, St	Ns, As	Ac	Ci, Cs, Cc	Cb	
34	30	29	34	90-95	40

Анализ случаев попадания ЛА в зоны атмосферной турбулентности позволяет обобщить и выявить синоптические условия (обстановки, ситуации), при которых наблюдалась болтанка ЛА, а также сформулировать некоторые прогностические правила. Это не означает, что только на основе определения синоптической ситуации можно сделать вывод о наличии болтанки. Однако, привлекая к анализу статистические характеристики и особенности физико-метеорологических процессов, при которых происходит полет, можно определить типичные области, в которых интенсивная турбулентность (болтанка) наблюдалась наиболее часто. Большая работа в этом направлении была проделана И.Г. Пчелко, Н.И. Давыдовым и др. Синоптические критерии болтанки ЛА представлены на рис. 3.1.

Рис.3.1. Синоптические критерии болтанки ЛА.

1. Холодные фронты.
2. Теплый фронт или фронт окклюзии.
3. Струйные течения.
4. периферия циклона, ложбина, гребень (в области сходимости или расходимости изогипс).

Рассмотрим эти синоптические ситуации:

1. Холодные фронты I и II родов на приземной карте. На этих фронтах болтанка наибольшая по сравнению с другими.

2. Теплый фронт или фронт окклюзии, связанные с четко выраженными высокотропосферными струйными течениями и имеющие горизонтальный градиент температуры более 2°C на 100 км, а скорости ветра более 20 км/ч на 100 км.

3. Высокотропосферные или стратосферные струйные течения при скорости более 25 м/с, вертикальном градиенте скорости ветра более 10 м/с на 1 км, направления ветра более 15 м/с на 1 км.

4. Периферия циклона, ложбина, гребень.

При наличии этих форм барического рельефа на высоте полета повторяемость болтанки самолета наибольшая, особенно в случае, когда происходит дальнейшее падение давления или наблюдается расходимость (сходимость) потоков. Повторяемость болтанки для различных синоптических ситуаций представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Повторяемость болтанки для различных синоптических ситуаций.

№ п/п	Тип синоптической ситуации	Интенсивность болтанки	
		любой	Умеренной и сильной
	<i>А) Скорость ветра ≥ 90 км/ч</i>	0,54	0,26
1.	Циклоническая часть струи.	0,61	0,33
2.	Антициклоническая часть струи.	0,51	0,23
3.	Осевая часть струи.	0,28	0,07
4.	Гребень в струе.	0,75	0,41
5.	Ложбина в струе	0,51	0,26
6.	Прямолинейная струя.	0,50	0,23
	<i>Б) Скорость ветра < 90 км/ч</i>	0,35	0,12
7.	Гребень.	0,39	0,11
8.	Ложбина.	0,43	0,20
9.	Прямолинейный поток.	0,31	0,10
	<i>В) Все скорости.</i>	0,41	0,16
10.	Сходимость или расходимость изогипс.	0,51	0,21
11.	Отсутствие их.	0,37	0,15

Сочетание нескольких синоптических ситуаций позволяют получить комплексные признаки, с помощью которых можно определить вероятность болтанки в данном барическом слое на высоте полета. Например, при различных комбинациях сочетаний 1, 2, 4, 10 и 11 ситуаций вероятность болтанки составляет 77 – 90 %.

Систематические исследования зон турбулентности (болтанки ЛА) несмотря на всю сложность и объемность, позволили выработать ряд правил, рекомендуемых для летного состава, выполняющих полет в турбулентной зоне.

3.4. РЕКОМЕНДАЦИИ ЛЕТНОМУ СОСТАВУ ПРИ ПОЛЕТАХ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ЗОНАХ.

Рекомендации летному составу при полетах в турбулентных зонах основаны прежде всего на том, что летный состав перед полетом изучил фактическую и ожидаемую метеобстановку (получил консультацию метеоспециалиста) и сведется к следующему:

1. Развитие зон ТЯН наиболее вероятно в струйных течениях, обычно с циклонической стороны оси (повторяемость болтанки на оси СТ представлена на рис. 4.1).

	Верхняя часть	
		Ось струйного течения
	23,2% 12,8%	
Левая сторона		Левая сторона
	16,4% 17,6%	
	Нижняя часть	

Рис.4.1. Повторяемость болтанки в различных частях струйного течения.

2. Турбулентность в струйном течении усиливается над горными хребтами и над их подветренной стороной.
3. Полет в волнистообразных перистых и высококучевых облаках, имеющих форму вытянутых полос, как правило, сопровождается болтанкой, а кучевообразные (роторные, чечевицеобразные) на подветренной стороне гор – признак сильной турбулентности. В облаках вертикального развития всегда наблюдается болтанка (полет в кучево-дождевых и мощно-кучевых облаках и вблизи их запрещен). Перегрузка в таких облаках может достигать $\pm 2\bar{q}$.
4. Болтанка в приземном слое зависит от подстилающей поверхности: на границе разновидностей подстилающей поверхности (например, река-поле, река-лес, лес-поле и т.п.) наблюдается болтанка ЛА.
5. При интенсивной болтанке необходимо:
 - выключить автопилот и перейти на ручное управление;
 - установить скорость, рекомендуемую инструкциями;
 - не допускать резких и больших отклонений органов управления;
 - принять меры к выходу из зоны турбулентности;
 - на малой скорости – немедленно уменьшить угол атаки, перейти на снижение и, увеличив скорость до рекомендуемой, выйти в горизонтальный полет;
 - на сверхзвуковой скорости – изменить высоту полета до выхода из зоны болтанки, если она прекращается – плавно уменьшить скорость до рекомендуемой.
6. Для оперативной оценки болтанки по данным радиозондирования целесообразно использовать критерии – критические значения вертикальных градиентов (на 1 км высоты) для скорости ветра – 10 м/с, для направления ветра - 15° и для температуры 7°C .

В случае, если реальное распределение этих параметров с высоты равно или имеет большие значения вертикальных градиентов - следует ожидать болтанку ЛА.

Следует подчеркнуть, что предполагаемые рекомендации не охватывают всевозможные мероприятия по безопасности полетов и в отдельных случаях могут быть дополнены другими.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученные вопросы позволяют метеоспециалистам иметь представление о влиянии турбулентных зон на полеты ЛА, условиях образования турбулентности в атмосфере и характерных признаках определения их в полете. Это способствует выработке грамотных рекомендаций при полетах в зонах турбулентности и значительно повысить их безопасность.

5. ЗАДАНИЕ НА САМОПОДГОТОВКУ

5.1. «Руководство по практическим работам метеоподразделений авиации ВС РФ», Воениздат, 1992, с.102-108.

5.2. «Синоптическая и авиационная метеорология», ч. II. Воениздат, 1985. с.72-100.

РАЗРАБОТАЛ:

начальник военной кафедры РГГМУ

полковник

В. Акселевич