**Тема №2. Влияние погоды на проведение полетов. Понятия простых и сложных метеоусловий.**

**Опасные, сложные метеоусловия.** В зависимости от возможности проведения полетов погода бывает летная и нелетная. Метеоусловия при летной погоде разделяют на простые, сложные и минимально допустимые в зависимости от сложности управления ЛА в конкретной обстановке. Деление это достаточно условное и определяется летными характеристиками конкретного ЛА.

Анализ статистики летных происшествий показывает, что в 30% случаев погода является основной или сопутствующей причиной возникновения аварийной ситуации. Наиболее опасно попадание в сложные метеоусловия для начинающих пилотов с недостаточными теоретической, практической и психологической подготовками.

Основными характеристиками погоды являются:

        атмосферное давление;

        температура воздуха;

        влажность воздуха;

        направление и скорость ветра;

        облачность;

        осадки;

        видимость.

Так вот, к сложным метеоусловиям относятся: плохая видимость, осадки, сплошная облачность, сильным порывистый ветер переменных направлений, высокая влажность и низкая температура воздуха. Это значит, что при совокупности данных условий надо быть предельно внимательным в полете.

Опасными данные метеоусловия становятся в случае, если ЛП можно прогнозировать почти со 100% вероятностью: к примеру, когда сплошная облачность развивается в сплошную грозовую облачность, а ветер становится шквалистым.

**Осадки, плохая видимость. *Осадки*** *– это сконденсировавшийся или сублимировавшийся водяной пар, содержащийся в воздухе.* Летать в дождь и в снег довольно неприятно, но можно. Главным минусом, помимо специфических ощущений от барабанящих по лицу капель, является снижение качества аппарата. Качество аппарата – это, в самом наглядном виде, отношение дальности полета к высоте старта. В менее наглядном, это отношение коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления: , где Cy - коэффициент подъемной силы, Cx - коэффициент сопротивления.

Капли дождя оседают на обтекателе крыла и турбулизируют (образуют маленькие завихрения) обтекающий поток воздуха, лобовое сопротивление крыла возрастает, как следствие качество аппарата падает.

***Видимость*** *- максимальное расстояние, на котором человек с нормальным зрением при дневном освещении различает предметы.* Плохая видимость возникает из-за высокого содержания сконденсировавшихся водяных паров в воздухе: из-за тумана и смога, если вместе с парами воды в воздух подняты твердые частицы. Высокая относительная влажность воздуха повышает вероятность конденсации водяного пара.

Видимость нам нужна, очевидно, чтобы быстро и правильно отслеживать ситуацию в воздухе и на земле.

**Сильный ветер. Явление приземной турбулентности.** Сильный ветер на высоте практически не опасен. Единственной опасностью является превышение скорости ветра над скоростью ЛА, т.е. аппарат начинает сдувать назад. Но на высоте это не страшно, там можно просто развернуться по ветру и лететь до земли в свое удовольствие, попутно ставя рекорды на дальность ☺

Сильный ветер у земли уже перестает быть таким необременительным явлением. Движение воздуха можно сравнить с течением воды: вода огибает препятствия, возникает небольшое возмущение, волна, она начинает усиливаться и превращается в завихрение. В воздухе все то же самое. Часть воздушного потока тормозится об землю, огибает препятствия, меняет направление, а более верхние слои продолжают нестись с большой горизонтальной скоростью – возникают вихри и порывы ветра. Аппарат, подлетая к земле, попадает в эти вихри: его может внезапно поднять или резко опустить, может возникнуть сильный крен.

**Виды и механизмы возникновения турбулентности. Градиент и повороты ветра.** То, что я описала выше, является наиболее простой, но не единственной причиной возникновения турбулентности.

Вообще, что такое турбулентность: ***турбулентность*** *- явление, заключающееся в том, что при увеличении скорости течения жидкости или газа в среде самопроизвольно образуются многочисленные нелинейные* [*фрактальные*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BB) *(само подобные) волны и обычные, линейные различных размеров, без наличия внешних, случайных, возмущающих среду сил и/или при их присутствии.* Иными словами, турбулентность – это хаотичное вихривое движение воздуха.

Основной причиной турбулентности воздушных течений являются возникающие в атмосфере срезы скоростей ветра и температуры. Эти контрасты порождают следующие процессы:

1. трение воздушного потока о поверхность земли;
2. деформация воздушных течений препятствиями;
3. неравномерный нагрев различных участков подстилающей поверхности и как следствие – термическая конвекция (восходящее движение воздуха);
4. процессы облакообразования, при которых выделяется тепло конденсации и изменяется характер полей температуры и ветра;
5. взаимодействие воздушных масс, различных по своим свойствам, на границе которых очень резко выражены горизонтальные градиенты температуры и ветра и наличие в атмосфере инверсионных слоев, в которых могут возникать гравитационные волны, теряющие при определенных условиях устойчивость.

Все перечисленные выше процессы могут действовать одновременно в одном или разных направлениях и тем самым увеличивать или уменьшать степень турбулентности атмосферы. В результате в атмосфере возникают вихри разных размеров и различной ориентации. Одни вихри имеют горизонтальную ось вращения, другие – вертикальную, а третьи – наклонную. Что же касается размеров вихрей, то они могут быть самыми разными. Самые маленькие вихри вы все видели своими глазами. Это пылевые вихри на асфальте перед грозой или просто при сильном ветре. Самые большие вихри вы никогда не видели, но знаете – это циклоны и антициклоны.

При классификации турбулентности обычно во внимание принимаются не причины ее возникновения, а особенности развития. Поэтому всегда говорят о **механической (орографической) турбулентности**, **термической (конвективной) турбулентности** и **динамической турбулентности**.

***Механическая турбулентность*** *является функцией скорости ветра у поверхности Земли, шероховатости земной поверхности, а также взаимного расположения направления ветра и направления хребта.* Возмущения, возникающие за счет неровностей земной поверхности, приводят к образованию сильных восходящих и нисходящих потоков, которые и вызывают болтанку ЛА.

***Термическая турбулентность*** *образуется за счет неравномерного нагрева земной поверхности или при адвекции (перемещение воздуха в горизонтальном направлении и перенос вместе с ним его свойств) холодного воздуха на теплую подстилающую поверхность.*

***Динамическая турбулентность*** *возникает в атмосфере в тех слоях, где наблюдаются большие вертикальные и горизонтальные сдвиги ветра и температуры.*

Стоит отметить, что для того, чтобы атмосферные турбулентные вихри вызвали болтанку дельтаплана, необходимо, чтобы их размеры были соизмеримы с размерам аппарата. Очень крупные вихри как бы вовлекают дельтаплан в свой поток. При этом аппарат не испытывает болтанки, а вместе с потоком совершает плавное изменение высоты полета. На очень мелкие турбулентные вихри дельтаплан также не реагирует, поскольку они разного знака и взаимно компенсируются.

**Смерчи и микро смерчи. *Смерч*** *—* [*атмосферный*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0) *вихрь, возникающий в* [*кучево-дождевом*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B2%D0%BE-%D0%B4%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B0) *(*[*грозовом*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B0)*) облаке и распространяющийся вниз, часто до самой поверхности земли, в виде облачного рукава или хобота диаметром в десятки и сотни метров.*

Внутри воронки воздух опускается, а снаружи поднимается, быстро вращаясь, создаётся область сильно разреженного воздуха. Разрежение настолько значительно, что замкнутые наполненные газом предметы, в том числе здания, могут взорваться изнутри из-за разности давлений. Это явление усиливает разрушения от смерча, затрудняет определение параметров в нём. Определение скорости движения воздуха в воронке до сих пор представляет серьёзную проблему. В основном оценки этой величины известны из косвенных наблюдений. В зависимости от интенсивности вихря скорость течения в нём может варьироваться. Считается, что она превышает 18 м/с и может, по некоторым косвенным оценкам, достигать 360 м/с. Сам смерч перемещается вместе с порождающим его облаком.

В месте контакта основания смерчевой воронки с поверхностью земли или воды может возникать *каскад* — облако или столб пыли, обломков и поднятых с земли предметов или водяных брызг. При формировании смерча наблюдатель видит, как навстречу опускающейся с неба воронке с земли поднимается каскад, который затем охватывает нижнюю часть воронки. Термин происходит от того, что обломки, поднявшись до некоторой незначительной высоты, не могут уже удерживаться потоком воздуха и падают на землю. Воронку, не соприкасаясь с землёй, может окутывать *футляр*. Сливаясь, каскад, футляр и материнское облако создают иллюзию более широкой, чем есть на самом деле, смерчевой воронки.

Смерч может возникнуть при поступлении теплого воздуха, насыщенного водяным паром, когда происходит соприкосновение теплого влажного с холодным сухим «куполом», образовавшимся над холодными участками поверхности земли (моря). В месте соприкосновения происходит конденсация водяного пара, при этом образуются дождевые капли и выделяется тепло, локально нагревающее воздух. Нагретый воздух устремляется вверх, создавая зону разряжения. В эту зону разряжения втягивается близлежащий теплый влажный воздух облака и нижележащий холодный воздух, что приводит к лавинообразному развитию процесса и выделению значительной энергии. В результате этого образуется характерная воронка. Внутри воронки воздух поднимается вверх с большой скоростью, в воронке формируется разряжение. Холодный воздух, затягиваемый в зону разряжения, ещё более охлаждается. Опускаясь вниз, воронка достигает поверхности земли, в зону разряжения втягивается все, что может быть поднято воздушным потоком. Сама зона разряжения перемещается в сторону, откуда поступает больший объём холодного воздуха. Воронка двигается, причудливо изгибаясь, касаясь поверхности земли. Осадки при этом относительно небольшие.

Ураган возникает, если поступающий теплый влажный воздух приходит в соприкосновение с областью холодного воздуха большого объёма, при этом область соприкосновения имеет значительную протяженность. В результате процесс смешения воздушных масс и выделения тепла происходит в протяженном объёме. Фронт урагана проходит по линии соприкосновений с поверхностью земли. Фронт урагана перемещается в направлении, поперечном его средней линии. С обеих сторон этой линии происходит втягивание холодного воздуха, двигающегося над поверхностью земли с большой скоростью. При прохождении фронта происходит интенсивное перемешивание холодного воздуха, изначально находившегося над поверхностью земли, и пришедшего теплого воздуха, при этом осадки значительные и интенсивные. После прохождения фронта температура воздуха заметно повышается.

***Микро смерч*** *– это атмосферный вихрь небольших размеров, может быть менее метра в поперечнике.* Схема его возникновения схожа с обычным смерчем.

**Опасность, связанная с турбулентностью.** Турбулентность приводит к болтанке ЛА, т.е. к резким и внезапным изменениям курса. На небольшой высоте это может привести ко внезапному и неуправляемому падению. В воздухе сильная турбулентность способна вызвать кувырок.

**Турбулентность статистически предсказуемое явление.** Турбулентность довольно предсказуемое явление. Учитывая причины ее возникновения, можно с достаточной долей вероятности прогнозировать ее наличие в том или ином случае: очевидно, что в сильный ветер препятствия будут вызывать завихрения воздушного потока, очевидно, что в сильный термический день хорошо прогретый воздух будет подниматься вверх, перемешиваясь с более прохладным верхним, образуя локальные участки восходящего движения, очевидно, что при прохождении на высоте сдвига ветра, аппарат внезапно попадет в зону с иным направлением и силой ветра, т.е. ощутит турбулентность.

**Турбулентность за препятствиями. Зависимость интенсивности и размеров зоны турбулентности от силы ветра и линейных размеров препятствия.** На прошлой лекции мы уже обсудили влиянием обтекаемой поверхности на воздушный поток. При обтекании препятствий поток меняет свое направление и закручивается. Соответственно, чем больше размер обтекаемого препятствия, тем больше получиться вихрь.

Для обозначения этой зоны в радиусе горы, с которой производятся полеты, был введен термин «роторная зона». В этой области воздушного пространства поток, обтекающий гору, закручивается в вихри. Летать там можно, в некоторый странах Европы там даже расположен официальный старт, но очень сложно: надо постоянно контролировать свой аппарат и быть готовым к сильной болтанке.

**Динамические восходящие потоки (ДВП).** Динамический восходящий поток ("динамик") образуется только если дует ветер в склон. Склон изменяет горизонтальное направление ветра и заставляет поток воздуха идти вверх. Если вертикальная составляющая ветра в зоне динамика больше скорости снижения дельтаплана, то пилот может парить в динамике до тех пор, пока не изменится ветер. Такой вид парения очень прост в освоении даже новичками, зона динамика легко предсказывается по форме склона, направлению и силе ветра.

При благоприятных условиях пилот может подняться в динамике на 1-2 высоты склона над вершиной.

**Схема обтекания холма воздушным потоком. Особенности образования ДВП у склонов различных форм.** При обтекании холма или хребта с наветренной стороны холма воздух поднимается, образуя ДВП. Над вершиной скорость потока несколько возрастает. За холмом воздушный поток опускается, часто закручиваясь при этом в мощный вихрь, называемый подгорным ротором (см. *рис 1*).



*Рис. 1. Схема обтекания холма воздушным потоком:
1 - невозмущенный поток; 2 - зона парения; 3 - ускорение воздушного потока над вершиной; 4 - подгорный ротор; 5 - восходящий поток в подгорном роторе*

Напомню причину ускорения воздушного потока над вершиной. В курсе аэродинамики рассказывалось о том, что при уменьшении площади сечения изолированной струйки газа скорость потока в ней возрастает. Именно это происходит и над вершиной. На рис. 1 хорошо видно, как вершина горы «поджимает» поток.

Ощутимое ускорение воздушного потока над вершиной возникает при скорости ветра свыше 5 - 6 м/с. Поэтому над вершиной в сильный ветер надо парить осторожно (а лучше вообще не залетать туда), т.к. может снести в роторную зону.

ДВП образуется у склонов холмов. Его форма и зона действия определяются формой, размерами склона и направлением ветра.

Для определения зоны действия ДВП достаточно представить себе схему обтекания склона. Если склон низкий и пологий, то и зона парения будет низкой и широкой. На высоком и крутом склоне ДВП также вытянут вверх (см. *рис. 2*).



*Рис. 2. Зоны ДВП на крутом и пологом склонах*

При обтекании узкого холма воздух, почти не поднимаясь, обходит его с боков. Интересная картина наблюдается на изрезанных оврагами склонах. Огибая выступы, воздух устремляется в ложбины и по ним поднимается вверх.

В результате над выступами восходящий поток если и есть, то слабый, а основной набор высоты происходит над ложбинами.

Однако при выпаривании над изрезанным склоном ни в коем случае не следует заходить внутрь ложбин. Цепляясь за неровности грунта и растущие там кусты, воздух в ложбинах сильно турбулизируется. А это вдвойне опасно по причине близости склона (см. *рис. 3*).



*Рис. 3. Обтекание узкого холма и склона, изрезанного оврагами*

Если ветер дует вдоль склона, то зона парения резке сужается. Неровности грунта и кусты турбулизируют поток воздуха и существенно затрудняют пилотирование. Учебные полеты на парение в ДВП в таких случаях не проводятся.

Кроме того, поток может турбулизироваться на наветренной части склона из-за особенностей самой горы.

Выступы, камни, крутые обрывы приводят к слишком резкому изменению направлению потока и образованию вихрей. Соответственно, на более гладком склоне динамик безопаснее и приятнее.

**Образование турбулентности в подветренной части склона.** Восходящий поток в подгорном роторе может возникнуть у холмов значительной высоты с достаточно крутыми склонами. При скорости ветра над вершиной 10 - 20 м/с внизу, у основания подветренной стороны холма, она может быть 2 - 3 м/с в обратную сторону.

При удалении от склона аппарат неизбежно попадет в мощнейший нисходящий поток подгорного ротора, который бросит его вниз на камни.

**Термические восходящие потоки (ТВП). Конвекция.** Термические восходящие потоки возникают в результате интенсивного нагревания солнечными лучами земной поверхности и прилегающего к ней воздуха. Вследствие нагревания прилегающие к земной поверхности воздушные массы становятся менее плотными и более легкими по сравнению с воздушными массами вышележащих слоев и поэтому поднимаются вверх до той высоты, где плотность поднявшейся воздушной массы сравнивается с плотностью окружающей воздушной среды. На место переместившихся воздушных масс опускаются вниз более холодные и плотные воздушные массы. Возникающие вследствие этого вертикальные потоки называются **конвекционными потоками** (поднимающийся воздух образует восходящий поток, а опускающийся — нисходящий).

Скорость этих потоков обычно невелика, в среднем около 1 м/сек. Но эта скорость не является для того или иного состояния атмосферы постоянной, а непрерывно изменяется, колеблясь в значительных пределах. В летнее время при установившейся хорошей погоде скорость восходящих потоков изменяется от 0,7 до 4,8 м/сек, причем изменения скорости могут происходить весьма быстро за короткие промежутки.

Скорость конвекционных потоков (термиков) зависит также и от свойств земной поверхности. Песчаная почва (особенно покрытая сосновым лесом) или каменные массивы (скалы, города) нагреваются быстрее, чем влажные и водные поверхности. Пахотная земля, особенно после дождя, также обусловливает сильные восходящие потоки.

При интенсивном нагревании земной поверхности в периоды установившейся жаркой погоды при неустойчивом состоянии атмосферы конвекционные потоки могут достигать больших скоростей с отдельными порывами, дующими в течение нескольких секунд до 10 м/сек. и даже более.

**Термические восходящие потоки в атмосфере.** В довольно утрированном представлении, термический поток представляет из себя столб поднимающего воздуха. Поднимающийся теплый воздух замещается холодным воздухом сверху и по краям воздушного потока образуются зоны нисходящего движения воздуха. Чем сильнее поток, т.е. чем быстрее поднимается теплый воздух – быстрее происходит замещение и тем сильнее т.н. «нисходняк».

Если воздух достаточно влажный, то вершину ТВП может венчать кучевое облако. Впрочем ТВП не всегда завершается образованием облака. Тогда его следует искать по другим признакам. Поднимающийся в ТВП воздух сносится ветром. Поэтому в полете его нужно искать не над местом возможного образования, а несколько в стороне по ветру.

        Следует отметить то, что мощные термики часто ведут себя подобно областям пониженного давления (циклонам) и закручивают поднимающийся воздух. В северном полушарии воздух закручивается против часовой стрелки, в южном - по часовой стрелке. Можно рассчитывать на лучший подъем аппарата, если он вращается против потока (вправо или по часовой стрелке в северном полушарии). Это объясняется тем, что в таком случае аппарат движется медленнее (относительно земли) и для его удержания в потоке нужен меньший угол крена.

**Условия возникновения термических потоков. Стабильность и нестабильность слоев атмосферы.** Воздух является очень плохим проводником тепла. Поэтому достаточно большой объем воздуха, обладающий одной температурой и перемещающийся в атмосфере с другой температурой, практически не отдает и не получает тепла от окружающей среды.

Если частица воздуха поднимается, давление в ней уменьшается. Это приводит к уменьшению ее температуры. И наоборот. Если частица воздуха опускается, давление в ней увеличивается. Это приводит к увеличению ее температуры. В приземных слоях атмосферы поднятие частицы воздуха на 100 метров приводит к уменьшению ее температуры примерно на 1 градус. Смотри рисунок.

**Стабильность.** Представим себе слой атмосферы, в котором вертикальное убывание температуры меньше, чем 1 градус на 100 метров. Пусть на высоте 100 метров температура воздуха равна 15 С, а на высоте 300 метров - 14 С.

 Если каким-либо образом «толкнуть» частицу воздуха с высоты 100 метров, так, чтобы она поднялась до высоты 300 метров, то ее температура уменьшится на 2 градуса и станет равна 13 С. Частица будет холоднее окружающей среды и, следовательно, более плотной. Поэтому она снова опустится на свой исходный уровень. Такой слой воздуха называется стабильным. Смотри рисунок.

**Нестабильность.** Пусть вертикальное убывание температуры происходит быстрее, чем 1 градус на 100 метров высоты. Пусть температура воздуха на высоте 100 метров равна 15 С, а на высоте 300 метров - 11 С.

Стартовавшая с высоты 100 метров частица воздуха будет иметь температуру 14 С на высоте 200 метров. Эта температура будет больше температуры окружающего стоя атмосферы. В результате частица воздуха продолжит свое движение вверх. Такой атмосферный слой называется нестабильным. Смотри рисунок. В нестабильном слое случайно переместившиеся вверх частицы оказываются теплее окружающего воздуха, и их восходящее движение продолжается. Очевидно, что если частица воздуха вдруг со своего уровня опустится вниз, то ее температура хотя и увеличится, но все равно будет меньше температуры соседних споев воздуха. Это приведет к продолжению нисходящего движения частицы.

**Формирование термических потоков.**  Атмосфера состоит из последовательности стабильных и нестабильных слоев. Термические потоки образуются в нестабильных слоях и блокируются стабильными (в частности инверсиями).

Вообще говоря, в атмосфере редко встречаются нестабильные слои. Убывание температуры обычно соответствует адиабатическому: 1 градус на 100 метров высоты. Но если определить среднюю температуру для нулевой высоты (например 20 С), то на некоторых участках, более благоприятных для прогрева, температура может оказаться выше средней (например 22 С). Именно в таких местах и зарождаются термические потоки. Воздух, стартовавший от земли с температурой 22 С, будет подниматься, сохраняя разницу в 2 градуса с окружающими слоями, до тех пор пока не встретит блокирующий стабильный слой.

**На стабильность атмосферы указывают:**

1. ровный ветер;
2. закрытое слоистыми облаками небо;
3. плохая видимость (дымка, туман);
4. стелющийся вдоль земли дым от костра

На нестабильность атмосферы указывают:

1. порывистый ветер;
2. кучевые облака (чем они выше тем мощнее термические потоки);
3. прозрачный воздух, хорошая видимость;
4. поднимающийся высоко над землей дым;
5. пылевые смерчи.

**Места способствующие образованию термических потоков.** Термические потоки следует искать над участками земной поверхности, подвергающимися наибольшему прогреву солнцем:

1. Каменистые россыпи.
2. Песчаные почвы.
3. Сухие поля.
4. При условии неустойчивости приземного воздуха пригорок (даже небольших размеров) может стать «генератором» ТВП.


Если гонимый ветром перегретый слой приземного воздуха наталкивается на бугор, то, обтекая его, он начинает подниматься вверх. Получив таким образом вертикальный импульс, воздух часто продолжает свой подъем, образуя ТВП. Смотри рисунок.

1. Обращенные к солнцу склоны холмов

Вогнутые склоны нагревают воздух быстрее выпуклых. Смотри рисунок.

1. Возвышенности и плоскогорья.

Над возвышенностями слой атмосферы тоньше, рассеивание солнечных лучей меньше и, следовательно, прогрев поверхности сильнее. Воздух на высоте холоднее воздуха в долине. Совместное действие этих факторов ведет к увеличению неустойчивости атмосферы на плоскогорьях и усилению там термической активности.

Вершины холмов с высотой свыше 300 метров могут оказаться над слоем ночной инверсии. Это приведет к образованию над ними утром терминов задолго до их появления в долине.

**Над болотами, озерами, реками более вероятно появление нисходящих потоков.**
Над мелкими и занимающими большие площади болотами возможно образование восходящих потоков, но потоки эти, как правило, слабые и образуются над наиболее сухими участками.

Зимой возможно образование термиков над незамерзшими водными поверхностями так как они оказываются теплее суши.

Также к неблагоприятным для поиска потоков местам относятся низины, зеленые (влажные) поля и лес.

**Сухоадиабатический и влажно-адиабатический процесс. Термик.** Очень важную роль в атмосферных процессах играет то об­стоятельство, что температура воздуха может изменяться и ча­сто действительно изменяется *адиабатически,* т. е. без теплооб­мена с окружающей средой (с окружающей атмосферой, зем­ной поверхностью и мировым пространством). Вполне строго адиабатических процессов в атмосфере не бывает: никакая масса воздуха не может быть полностью изолирована от тепло­вого влияния окружающей среды. Однако если атмосферный процесс протекает достаточно быстро и теплообмен за это время мал, то изменение состояния можно *с достаточным приближе­нием* считать адиабатическим.

Если некоторая масса воздуха в атмосфере адиабатически *расширяется,* то давление в ней *падает,* а вместе с ним *падает и температура.* Напротив, при адиабатическом *сжатии* массы воздуха давление и температура в ней *растут.* Эти изменения температуры, не связанные с теплообменом, происходят *вследст­вие преобразования внутренней энергии газа (энергии положе­ния и движения молекул) в работу или работы во внутреннюю энергию.* При расширении массы воздуха производится работа против внешних сил давления, так называемая *работа расши­рения,* на которую затрачивается внутренняя энергия воздуха. Но внутренняя энергия газа пропорциональна его абсолютной температуре; поэтому температура воздуха при расширении па­дает. Напротив, при сжатии массы воздуха производится *ра­бота сжатия.* Внутренняя энергия рассматриваемой массы воз­духа вследствие этого возрастает, т. е. скорость молекулярных движений увеличивается. Следовательно, растет и температура воздуха.

Закон, по которому происходят адиабатические изменения состояния в идеальном газе, с достаточной точностью применим к сухому воздуху, а также к ненасыщенному влажному воздуху. Этот **сухоадиабатический закон**выражается уравнением сухоадиабатического процесса, или так называемым *уравнением Пуассона* . Показатель *AR/cp* равен 0,288. Для влажного ненасыщенного воздуха вместо температуры *Т* следует брать виртуальную температуру *Тv.*

Смысл уравнения Пуассона состоит в следующем. Если дав­ление в массе *сухого* или *ненасыщенного воздуха* меняется от *р0* в начале процесса до *р* в конце процесса, то температура в этой массе меняется от *Т0* в начале до *T* в конце процесса; при этом значения температуры и давления связаны написан­ным выше уравнением.

Итак, *при адиабатическом подъеме сухого или ненасыщенного воздуха температура на каждые 100 м подъема падает почти точно на один градус, а при адиабатическом опускании на 100 м температура растет на ту же величину.* Эта величина 1°/100 м называется *сухоадиабатическим градиентом *.

***Влажно-адиабатический процесс*** *– это адиабатический процесс во влажном насыщенном воздухе.* С адиабатическим подъемом влажного ненасыщенного воздуха связано такое важное изменение, как приближение его к состоянию насыщения. Температура воздуха при его подъеме понижается; поэтому на какой-то высоте достигается насыщение. Эта высота называется *уровнем конденсации.*

Выделяющаяся при этом теплота конденсации (скрытая теплота парообразования) идет на нагревание воздуха, что замедляет падение температуры; поэтому убывание температуры на единицу подъема оказывается меньше, чем при сухоадиабатическом процессе, и тем меньше, чем больше упругость насыщения. Температура падает тем медленнее, чем больше влагосодержание воздуха в состоянии насыщения (что, в свою очередь, зависит от температуры и давления). На каждые 100 м подъема насыщенный воздух при давлении 1000 мби температуре 0° охлаждается на 0,66°, при температуре +20° - на 0,44° и при температуре - 20° - на 0,88°. При более низком давлении падение температуры соответственно меньше. Падение температуры в насыщенном воздухе при подъеме его на единицу высоты (100 м*)* называют *влажноадиабатическим градиентом Г5.*

Если давление воздуха растет (к примеру, при опускании и, следовательно, при сжатии воздуха), а воздух поддерживается в состоянии насыщения за счет испарения находящихся в нем продуктов конденсации, то вследствие затраты тепла на испарение рост температуры в нисходящем воздухе также уменьшается по сравнению с сухоадиабатическим процессом.

Если насыщенный воздух не содержит продуктов конденсации, то, начав опускаться, он сразу же удаляется от состояния насыщения, и изменение температуры в нем происходит уже по сухоадиабатическому закону.

*Распределение температуры и других метеорологических величин с высотой называется* ***стратификацией атмосферы****.* Если температура воздуха падает быстрее, чем 1 градус на 100 метров, то это ***неустойчивая стратификация,*** если падает на 1 градус на каждые 100 м – ***безразличная стратификация,*** если температура воздуха с ростом высоты падает медленнее, чем на 1 градус на каждые 100 м – это ***устойчивая стратификация***.

**Конвективные пузыри.** ТП встречаются значительно чаше регулярных (непрерывных) термиков. Они возникают при недостаточной «подпитке» ТВП нагревающимся у земли воздухом или, если ТВП разрывается меняющимся по высоте ветром. ТП, если они больших размеров, можно использовать для набора высоты. Но они становятся практически бесполезны, если начинают дробиться и возникает беспорядочное кипение. В этом случае ТП могут начать представлять опасность как источники турбулентности. Смотри рисунок.

**Развитие термической активности в течение суток. Температурные инверсии.**

**Ночная инверсия.** Ночью не подогреваемая солнцем земля теряет тепло путем излучения. Охлаждение земли передается самым нижним слоям атмосферы, в то время как более высокие слои охлаждаются слабо. Максимальное охлаждение достигается к рассвету. В это время при удалении от земли на расстояние порядка нескольких сотен метров температура будет увеличиваться. Далее она начинает понижаться как обычно. Таким образом, за ночь у земли создается устойчивый инверсионный слой в котором термические потоки невозможны.

Такая инверсия проявляется тем сильнее, чем более ясной была ночь. Это объясняется тем, что при наличии облаков потери тепла землей уменьшаются так как часть излученного землей тепла, отражаясь от облаков, возвращается обратно.

**Развитие.** После восхода солнце начинает подогревать землю. Происходит это очень неравномерно. Над наиболее нагретыми участками начинают формировать термические потоки. Сначала эти потоки слишком слабы для их использования пилотами СЛА, но они постепенно разрушают образовавшуюся ночью у земли инверсию.

После разрушения **ночной** инверсии термическая активность быстро нарастает. **Максимум интенсивности достигается к середине второй половины дня (около 15 часов).**

**Окончание.** К вечеру температура воздуха у земли начинает медленно уменьшаться. Потоки становятся более слабыми и широкими («мягкими»). Расстояния между ними увеличиваются. Постепенно все потоки исчезают.

**Опасности, связанные с полетами в ТВП. Высотная и вертикальная турбулентность.** Восходящие термические потоки турболизируют воздух: появляются зоны восходящего движения воздуха с соседствующими зонами нисходящего движения. Аппарат при попадании в такую зону может как резко набрать высоту, так и резко ее потерять. Кроме того, если в зону восходящего или нисходящего движения воздуха попадает только одно крыло, может возникнуть внезапный и сильный крен. В воздухе это неприятно, но и только. А вблизи поверхности земли это может привести к падению аппарата.

Поэтому при посадке в термически активный день надо быть предельно собранным и внимательным. Не менее собранным и внимательным надо быть при раскручивании термика у земли, при полетах вблизи склона.