***КЗ 10: Аэростатика.***

План:

1. Механические свойства газов.
2. Атмосферное давление, его действие на организм человека.
3. Закон Архимеда, закон Бернулли для газов.
4. **Механические свойства газов.**

**Аэростатика** ([греч.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) Αερ — *воздух*; στατός — *«неподвижный»*) — раздел [гидроаэромеханики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0), в котором изучается равновесие [газообразных сред](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0), в основном [атмосферы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0).

Главным представителем [газообразных веществ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B5) является атмосферный [воздух](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85). Воздух, подобно жидким и [твёрдым телам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BE), находится под влиянием [силы тяжести](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8) и вследствие этого производит [давление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) на земную поверхность. В противоположность влиянию тяжести, у воздуха есть особое стремление, присущее всем газам, по возможности [расшириться](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%88%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и занять, возможно, больший [объём](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D1%91%D0%BC), то есть воздух обладает [упругостью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C). Это свойство является причиной уменьшения [плотности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) атмосферного воздуха в [верхних слоях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8), так как силе расширения, или упругости слоя воздуха, лежащего на больших высотах, противодействует относительно меньшее давление остальных выше лежащих слоёв.

Следствием лёгкой подвижности частиц воздуха является то, что всякое давление, производимое на воздушную массу, передается и распространяется равномерно во все стороны. Так, напр., одинаковые поверхности пола, потолки и стены в комнате, не принимая во внимание сравнительно ничтожную разницу их высоты, находятся под тем же давлением, как и равная им площадь земной поверхности под открытым небом. То же самое происходит, если комната заперта, так как щели и поры стен вполне достаточны для того, чтобы передать атмосферное давление внутрь комнаты.

**Давление газов** вызывается ударами огромного числа молекул газа и зависит от плотности расположения молекул (от плотности газа), а также от энергии ударов отдельных молекул (от температуры газа). Уменьшение плотности газа и снижение температуры уменьшают собственное давление газа. Молекулы движутся хаотично, поэтому давление газа действует во всех направлениях.

1. **Атмосферное давление, его действие на организм человека.**

Итальянский ученый *Галилео Галилей* первым понял, что толстый слой воздуха (атмосфера), окружающий Землю, своим весом давит на поверхность Земли, т.е. создает **атмосферное давление**, и именно это давление ограничивает максимальную высоту подъема воды в трубе при откачке с глубины (эта высота водного столба составляет *10,34 м*).

Справедливость догадки Галилея доказали его ученики – *Винченцо Вивиани* и *Эванджелиста Торричелли*. Первый из них предложил использовать для измерения атмосферного давления не воду, а ртуть, плотность которой в 13,6 раза превышает плотность воды, что позволило значительно уменьшить размеры экспериментальной установки, а второй в 1643 г. провел опыт, известный под названием опыта Торричелли.

Торричелли наполнил ртутью стеклянную трубку длиной 1 м, запаянную с одного конца, закрыл ее отверстие и слегка погрузил трубку вверх дном в чашу со ртутью. После открытия отверстия часть ртути вылилась в чашу, а уровень ртути в трубке остановился на высоте примерно *760 мм* от ее поверхности в чаше. При этом давление атмосферы, которое передавалось ртути в трубке через ртуть в чаше, уравновесилось давлением столбика ртути.

***рис***

**значение нормального атмосферного давления в СИ: *100 кПа***

**во внесистемных единицах это давление составляет *760 мм рт. ст.***

Человек почти не испытывает атмосферного давления, потому что оно уравновешивается давлением изнутри его тела.

**Барометры –** это приборы для измерения атмосферного давления; «анероид» означает «неводный» (т.е. нежидкостный).

Барометр-анероид состоит из камеры ***К***, воздух в которой разряжают (создают вакуум). Волнистая гибкая крышка камеры играет роль мембраны ***М***. С помощью передаточного механизма она соединена с пружиной ***П*** и стрелкой ***С***.

***рис***

 В случае увеличения давления атмосферы мембрана прогибается внутрь, в случае уменьшения – выгибается наружу. Эти деформации мембраны меняют положение стрелки на шкале.

**Давление воздуха *p* на значительных высотах *h*** (*в горах, на верхних этажах высотных домов*) **заметно меньше, чем вблизи поверхности Земли. При небольших изменениях высоты над поверхностью земли, в среднем на каждые *12 м*, давление изменяется на *1 мм рт. ст*.**

Уменьшение давления с увеличением высоты объясняется как минимум двумя причинами:

1. уменьшением толщины слоя воздуха (т.е. высоты воздушного столба), создающего давление,
2. уменьшением плотности воздуха с высотой вследствие уменьшения силы тяжести при удалении от центра Земли.

**Манометры –** это приборы для измерения давления газов в некоторых сосудах (например, в баллонах).

Большинство манометров создано для измерения давлений, значительно превышающих атмосферное, но существуют манометры специальной конструкции (мановакуумметры), которые позволяют измерять давление значительно ниже атмосферного.

Согласно закону Паскаля, силы давления со стороны жидкости действуют как на боковую поверхность погруженного тела, так и на оба его основания. Силы атмосферного давления, одинаково приложенные ко всем гидростатическим силам, уравновешиваются.

**Влияние атмосферного давления на организм человека.**

Сегодня каждый третий взрослый человек весьма чувствительно воспринимает любые погодные изменения. Таких людей, которые ощущают дискомфорт от магнитных бурь, колебаний погодных условий, солнечной активности, называют метео - или керосочувствительными (греч. kerros – погода). Влияние атмосферного давления на организм человека, уровня влажности, температуры окружающей среды, скорости ветра, потоков солнечной радиации и многих других факторов изучает наука биометрология. Для комфортного самочувствия человека необходимо, чтобы атмосферное давление составляло 750 мм.рт.ст., эта цифра называется нормальным атмосферным давлением. Если же значение меняется более чем на 10 единиц как в большую, так и в меньшую сторону, человеческий организм реагирует общим ухудшением самочувствия.

**Циклоном** называется сниженное атмосферное давление. Оно обычно сопровождается повышенной влажностью, облачностью, осадками и небольшим повышением температуры. Наиболее подвержены влиянию циклона люди, которые страдают от низкого артериального давления, нарушений функции дыхания или имеют проблемы с сосудами и сердцем.

Общая слабость, затруднение дыхания, нехватка воздуха, одышка – все это основные проявления негативного воздействия циклона на человека. Они обусловлены тем, что воздух в это время весьма беден кислородом. При повышенном внутричерепном давлении люди во время циклона могут страдать от мигрени. Кроме того возможно ухудшение работы желудочно-кишечного тракта, которое связано с повышенным газообразованием и соответствующим растягиванием стенок кишечника.

Самое главное во время прихода циклона – контролировать уровень кровяного давления в организме человека. Для этого следует употреблять в течение дня существенно больше жидкости. Контрастный душ, крепкий спокойный сон, утренняя чашка кофе, а также настойки лимонника, элеутерококка или женьшеня в течение дня помогут поддержать организм в хорошем состоянии ни не поддаться влиянию циклона.

**Антициклон** представляет собой повышенное атмосферное давление. Оно, как правило, сопровождается ясной безветренной погодой и отсутствием резких перепадов уровня влажности или температуры. Влиянию антициклона чаще всего подвержены люди с повышенным давлением, а также аллергики и астматики. Последние две группы особенно остро реагируют на наличие в воздухе различных вредных примесей, количество которых в безветренную погоду увеличивается в разы.

Основными проявлениями влияния антициклона являются сердечные и головные боли, снижение работоспособности, а также общая слабость и недомогание. Антициклон активно способствует снижению иммунитета и уменьшению лейкоцитов в крови, что в свою очередь влияет на подверженность организма инфекциям.

Для облегчения влияния антициклона рекомендуется утром принять бодрящий контрастный душ, сделать легкую гимнастику, а также ограничить в течение дня потребление пищи, отдавая предпочтение фруктам, богатым калием. Чтобы минимизировать нагрузку на нервную и иммунную систему человека, лучше всего не начинать никаких важных дел, а по возможности отдохнуть и восстановить силы.

**Влияние повышенного атмосферного давления на организм человека**

Действию повышенного атмосферного давления подвергается определенная категория лиц: водолазы, рабочие подводных и подземных строительных работ (подводные тоннели, метро).

При повышенном атмосферном давлении не происходит избыточного насыщения гемоглобина кислородом, потому что уже при нормальном атмосферном давлении оксигенация крови составляет 96%.

Главное физиологическое действие повышенного атмосферного давления не в химических связях кислорода с гемоглобином или миоглобином, а в физических влияниях, оказываемых на состояние организма растворенными газами при их высокой концентрации.

При нормальном атмосферном давлении количество кислорода в крови в виде физического раствора очень мало — 0,3 мл на 100 г крови. При повышении давления вдыхаемого воздуха концентрация растворенного кислорода увеличивается строго пропорционально величине атмосферного давления.

При погружении человека в воду давление столба воды над ним возрастает на 1 атм. на каждые 10 м глубины. Соответственно увеличивается количество растворенного кислорода в его тканях. Кислород растворяется не только в крови, но и в межтканевой жидкости и даже в протоплазме клеток. Поэтому общее количество растворенного в организме кислорода может достигать при многократном повышении атмосферного давления значительных величин.

Избыточное количество кислорода, поступающего под большим парциальным давлением (например, в 2 атм.), оказывает на организм токсическое действие. При незначительно избыточных концентрациях кислорода и непродолжительном действии токсичность еще не проявляется. Более того, замечено, что при повышении парциального давления кислорода в 2-3 раза по сравнению с нормальным работоспособность несколько возрастает вследствие некоторого общего возбуждения нервной системы. Такое состояние при дальнейшем повышении парциального давления кислорода или при его продолжительном действии сменяется угнетением нервных процессов и рядом расстройств физиологических функций. Замечено также, что очень длительное действие больших парциальных давлений кислорода облегчает возникновение воспалительных процессов в легких, так называемую пневмонию.

Помимо кислорода, в виде физического раствора в организме находятся и другие газы, образующие воздух, — углекислый газ и азот. Растворение углекислого газа наружного воздуха ничтожно, так как содержание его в воздухе очень мало. Иначе обстоит дело с азотом, составляющим 4/5 объема воздуха. Он растворяется в крови в больших количествах.

Как известно, азот является индифферентным газом, т. е. не участвующим в обмене веществ и дыхании. Сколько его вдыхается в легкие, столько же выдыхается. Нахождение этого газа в виде физического раствора в тканях не сказывается на их физиологических функциях, но лишь до определенных границ. Если количество растворенного азота в организме резко возрастает (в случае резкого повышения парциального давления этого газа), то начинает проявляться его токсическое действие, которое оказывает на организм еще более отрицательное влияние, чем токсичность кислорода. По этой причине при водолазных работах на больших глубинах в скафандр водолаза подается воздух из компрессора, находящегося на судне, в котором азот заменен гелием, так как последний не обладает токсичностью.

Влияние на организм физически растворенных газов при длительном пребывании на больших глубинах не ограничивается их токсичностью. Главная опасность возникает тогда, когда растворенные в организме газы начинают выходить из раствора. Происходит это при переходе человека из области повышенного давления в область нормального давления, т. е. при подъеме из морских глубин на поверхность моря. Если подъем совершается быстро, то в организме растворенные газы выходят из жидкости пузырьками. Пузырьки воздуха оказываются в тканях, лимфе, в крови, они закупоривают мелкие сосуды, мешая кровоснабжению органов. Если это произойдет в жизненно важных органах (сердце, мозг), то может наступить смерть. Поэтому во избежание эмболии (так называется закупорка кровеносного сосуда эмболом — пузырьком воздуха), подъем после глубоководных погружений должен совершаться очень медленно. При этом условии давление наружного воздуха снижается постепенно и растворенный в организме азот и кислород переносятся кровью к легким и только там переходят из растворенного состояния в газообразное и с выдохом удаляются из организма. Разработана специальная инструкция о замедленности подъема водолазов и работающих в кессонах из различных глубин. Нарушение научно установленных сроков подъема может привести к смерти или вызвать «кессонную болезнь». Она проявляется в сильных болях в органах, куда проникли пузырьки воздуха, чаще всего в нестерпимых болях в суставах. Есть только одно средство избавления от этого состояния: снова поместить человека в область повышенного атмосферного давления. Для этого всюду, где производятся глубинные погружения, имеется специальная «рекомпрессионная камера». Она представляет собой барокамеру, в которую помещают человека, находящегося в состоянии «кессонной болезни». Туда нагнетают компрессором воздух до получения давления, соответствующего давлению воздуха, где раньше находился данный подводник. После этого давление в барокамере начинают очень медленно понижать, чтобы смогло произойти удаление растворенного в организме воздуха через легкие.

Для проведения работ под водой или под землей в грунтах, насыщенных водой, сооружаются особые рабочие камеры - кессоны. При работе в кессонах различают три периода: компрессия, пребывание в условиях повышенного давления и декомпрессия. Компрессия характеризуется незначительными функциональными нарушениями: шум в ушах, заложенность, болевые ощущения вследствие механического давления воздуха на барабанную перепонку.

Пребывание в условиях повышенного давления обычно сопровождается легкими функциональными нарушениями: урежением пульса и частоты дыхания, снижением максимального и повышением минимального артериального давления, понижением кожной чувствительности и слуха. Наблюдается усиление перистальтики кишечника, повышение свертываемости крови, уменьшение содержания гемоглобина и эритроцитов. Важной особенностью этой фазы является насыщение крови и тканей растворенными газами, особенно азотом.

**Влияние пониженного атмосферного давления на организм человека**

 Жизнь человека протекает в основном на поверхности Земли на высоте, близкой к уровню моря. При этом организм находится под постоянным давлением столба воздуха окружающей атмосферы. На уровне моря эта величина равна 101,3 кПа (760 мм рт. ст., или 1 атм.). Вследствие того, что наружное давление полностью уравновешивается внутренним, наш организм практически не ощущает тяжести атмосферы.

Атмосферное давление подвержено суточным и сезонным колебаниям. Чаще всего эти изменения не превышают 200-300 Па (20-30 мм рт. ст.). Здоровые люди обычно не замечают этих колебаний, и они практически не оказывают влияния на их самочувствие. Однако у определенной категории, например лиц пожилого возраста, страдающих ревматизмом, гипертонической болезнью и другими заболеваниями, эти колебания вызывают изменение самочувствия, приводят к нарушению отдельных функций организма.

С действием пониженного атмосферного давления человек сталкивается при полетах на летательных аппаратах, восхождении на горы, работе на открытых горных рудниках и т.д.

Основным физиологическим фактором высоты является пониженное атмосферное давление и связанное с ним пониженное парциальное давление кислорода.

Основная реакция организма на влияние высоты заключается в усилении дыхания. Понижение напряжения кислорода в артериальной крови вызывает возбуждение хеморецепторов сонных артерий, которое передается в продолговатый мозг к дыхательному центру, что и приводит к усилению дыхания. Легочная вентиляция на высоте возрастает в известных пределах. Благодаря этому организм может на указанных высотах обеспечиваться кислородом.

Несмотря на то что главная реакция на высоту проявляется в увеличении вентиляции легких, тем не менее это не означает, что одно лишь усиление дыхания может полностью компенсировать те трудности, которые наступают для организма в условиях горных высот. При усилении дыхания действуют два фактора, влияющих отрицательно на работоспособность. Первый заключается в том, что при усилении легочной вентиляции увеличивается естественно, работа дыхательных мышц. Выполнение этой работы также требует дополнительного потребления кислорода.

Второй фактор отрицательного значения усиления легочной вентиляции заключается в том, что при этом происходит «вымывание» углекислого газа из организма. При гипервентиляции значительно понижается напряжение углекислого газа в альвеолярном воздухе, вследствие чего облегчаются условия перехода этого газа из крови в легкие. Напряжение углекислого газа\_ в крови падает ниже нормы, и от этого понижается возбуждение дыхательного центра, что сдерживает усиление дыхания.

Во время пребывания на больших высотах наблюдается ряд расстройств физиологических функций, которые обычно называют «горной болезнью». Горная болезнь наступает в результате понижения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, что приводит к кислородному голоданию тканей. Ее проявления разнообразны. Могут возникнуть одышка, приступы удушья, головная боль, головокружение, нарушение координации движений, сна, сердцебиения, тошнота, иногда рото-носовые кровотечения, изменения зрения, обоняния, вкуса. При более глубокой гипоксии отмечаются нарушения работы сердца: тахикардия, пульсация артерий (сонной, височной), изменения ЭКГ. Нарушается моторная и секреторная функции желудочно-кишечного тракта, меняется периферический состав крови. Проявления горной болезни уменьшаются в результате длительного пребывания на высоте, привыкания к горному климату, или, иначе, акклиматизации.

Одним из важнейших физиологических механизмов акклиматизации на горных высотах является усиленная деятельность кроветворных органов. Она проявляется в увеличении в крови количества эритроцитов и гемоглобина. Благодаря этому может транспортироваться больше кислорода. Акклиматизация охватывает и другие физиологические процессы — дыхание, кровообращение и кроме того, происходит процесс акклиматизации в тканях и клетках организма, например в мышцах увеличивается количество миоглобина и повышается активность окислительно-восстановительных ферментов. Все это способствует поддержанию нормальной деятельности организма при пониженном потреблении кислорода.

1. **Закон Архимеда, закон Бернулли для газов.**

**Все законы гидростатики справедливы и для газов при условии, что давление и плотность их существенно не меняются.**

Закон Бернулли применяется в пульверизаторах и при расчете подъемной силы, действующей на крыло самолета. Крыло самолета имеет такую форму, что нижняя поверхность плоская, а верхняя – выпуклая. При движении воздух обтекает крыло, причем скорость его над верхней частью больше, чем под нижней. По закону Бернулли, давление над крылом будет меньше, чем под крылом. Вследствие этого равнодействующая сил давления, которая называется подъемной силой крыла, будет направлена вверх.