

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПЛОТНОСТИ ВОЗДУХА НАД СРЕДНИМ КАСПИЕМ**Г.И.КУЛИЕВ*****Национальная Академия Авиации***

В статье рассматриваются вопросы вертикального распределения атмосферного давления и плотности воздуха, которые оказывают существенное влияние на деятельность авиационной техники. В исследованиях были использованы материалы ежесуточных аэрологических данных за 2004-2006-х годов, которые были получены на основе вертикального зондирования атмосферы на ст.Машиага. Для расчета плотности воздуха использовано известное уравнение состояния газов. Полученные результаты обобщены в виде таблиц и графиков.

Полеты воздушных судов, которые основаны на использовании законов аэродинамики, происходит в атмосферной среде, поэтому физические характеристики ее состояния оказывают существенное влияние на эксплуатационные характеристики летательных аппаратов. Поэтому, как отмечается в [1], основываясь на требованиях «Правила полетов», метеорологическое обеспечение полетов заключается в своевременном доведении до командно-руководящего, летчиков, работников службы движения и других должностных лиц гражданской авиации метеорологической информации, необходимой для выполнения возложенных на них обязанностей.

Давление атмосферного воздуха является одной из важнейших характеристик атмосферы и оказывает существенное влияние на деятельность авиационной техники. Например, при полете на различных высотах скорость самолетов изменяется от распределения температуры и давления на уровне полета и чем ниже атмосферное давление, тем должна быть больше потребная воздушная скорость горизонтального полета. Часовой расход двигателей воздушных судов также зависит от давления и при его понижении часовой расход топлива уменьшается. Атмосферное давление также влияет на процессы взлета и посадки воздушных судов. Так рост атмосферного давления приводит к уменьшению скорости отрыва и посадки самолета.

Сведения о годовом распределении атмосферного давления на уровне станций (**QFE**) и приведенное к уровню моря значения (**QNH**) необходимы штурманам воздушных судов для расчета истинной высоты. Это является особенно актуальным при выполнении полетов над Каспийской акваторией на предельно малых высотах, а также в горных трассах.

Для обеспечения безопасности полетов воздушных судов устанавливаются правила вертикального эшелонирования самолетов. Известно, что эшелон полета является выделяемая для полетов воздушных судов относительная баро-

метрическая высота, которая отсчитывается от изобарической поверхности с давлением 1013,2 гПа. Она выдерживается с помощью барометрического высотомера, нуль которой установлен на давлении 1013,2 гПа [2]. При метеорологическом обеспечении полетов самолетов также используются данные о давлении воздуха на уровне аэродрома, приведенном к уровню моря, и минимальном давлении на маршруте.

Приведенный выше очень краткий обзор показывает, что атмосферное давление, как одно из важнейших характеристик атмосферы, очень существенно влияет на деятельность авиационной техники и исследование его климатических значений, представляет собой первостепенную задачу авиационной метеорологии.

С этой целью нами рассмотрены особенности вертикального распределения атмосферного давления и плотности воздуха над Средним Каспием, очень сильно влияющим на полеты воздушных судов.

В исследованиях были использованы материалы ежесуточных аэрологических данных за 2004-2006-х годов, которые были получены на основе вертикального зондирования атмосферы на ст.Маштага. Производство запуска зондов осуществлялось один раз в сутки примерно в 3 часа утра. В отдельные дни наблюдения по разным техническим причинам не проводились.

В целом аэрологические наблюдения наиболее плотно проводились в холодный период года, когда происходят наиболее интенсивные и сложные для авиации атмосферные процессы.

Выше отмечалось, что наблюдения проводились в 03 часа ночи. Естественно, что полученные оценки будут полностью репрезентативными для ночных и утренних часов по всей рассматриваемой высоте атмосферы. Здесь возникает проблема репрезентативности полученных результатов для дневных и вечерних часов суток.

Из метеорологических исследований суточного хода рассматриваемых основных физических характеристик атмосферы известно, что их наиболее значимая суточная амплитуда распространяется от приземного слоя до некоторой высоты. Естественно, что эти высоты для различных элементов будут разными.

Например, барометрическая формула изменения давления воздуха по высоте показывает, что распределение атмосферного давления по вертикали зависит от давления у поверхности земли и от распределения температуры воздуха по высоте. Численные эксперименты с помощью барометрической формулы показывают, что давление воздуха убывает примерно в геометрической прогрессии, если высота возрастает в арифметической прогрессии. Действительно, расчеты показывают, что на высоте 5 км давление воздуха почти вдвое ниже, чем на уровне моря, на уровне 10 км – почти в 4 раза, а на уровне 15 км – почти в 8 раз.

Многочисленные исследования показывают, что на высоте 300 м над сушей амплитуда суточного хода температуры составляет около половины амплитуды у земной поверхности, а на высоте 1 км суточная амплитуда температуры над сушей равна 1-2 °С, на высоте 2-5 км -0,5-1,0 °С. Над морем же суточная амплитуда температуры несколько растет с высотой в нижних километрах, но все же остается малой по сравнению над сушей [3].

Таким образом, вышеперечисленный даже очень краткий анализ показывает, что полученные нами аэроклиматические значения основных физических

характеристик атмосферы являются достоверными для тех слоев атмосферы, где осуществляется интенсивный полет воздушных судов и их можно использовать для решения поставленных задач.

В связи с глобальными и местными процессами циркуляции воздушных масс, их физическими свойствами и термикой моря, давление воздуха в течение года меняется. На борту летательного аппарата информация об атмосферном давлении используется для обеспечения правильности показания барометрического высотомера, работающего по принципу барометра-анероида, но снабженного помимо шкалы давления, еще и шкалой высоты, рассчитанной для условий стандартной атмосферы, когда нуль высоты соответствует 760 мм .рт.ст.

Одним из важных особенностей вертикального распределения атмосферного давления по высоте является то, что в теплом воздухе давление с высотой уменьшается медленнее, чем в холодном воздухе. Это подтверждается полученными нами результатами.

Как видно из табл.1, уже начиная с высоты 2000 м на верх на всех уровнях максимум атмосферного давления приходится на летние месяцы, когда температура на высотах больше, а минимум – на февраль до высоты 9000 м и на январь – от 10000 до 12000 м.

Таблица 1
Вертикальное распределение атмосферного давления по месяцам, гПа.

Высота, м	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1016	1014	1013	1013	1009	1011	1010	1008	1013	1016	1016	1019
1000	898	897	896	899	897	901	899	899	902	903	900	901
2000	794	793	795	798	798	804	803	803	804	804	799	797
3000	699	699	702	706	706	713	712	713	713	711	705	702
4000	613	613	618	621	623	631	630	631	630	628	620	616
5000	536	536	542	546	548	556	556	557	555	552	544	539
6000	467	467	473	477	480	489	489	490	488	485	475	470
7000	406	405	412	416	419	428	429	430	427	424	414	408
8000	350	350	357	361	364	374	375	375	372	368	359	352
9000	301	301	308	312	315	325	327	327	323	319	310	303
10000	257	258	264	268	271	281	284	284	279	275	266	259
11000	220	220	225	229	233	243	246	245	240	236	228	222
12000	187	188	192	196	200	209	212	211	206	202	194	189

Внутригодовая месячная амплитуда атмосферного давления у земли составляет 11,3 гПа, на высоте 1000 м – 27,8 гПа, а с уровня 2000 м до 10000 м – сначала медленным темпом росло, и наконец отмечено уменьшение.

Хорошо известно, что плотность воздуха в любой точке Земного шара непрерывно изменяется во времени так же как и температура и давление воздуха. Эта важная физическая характеристика атмосферы в связи с изменением температуры и давления по высоте меняется также с высотой.

Из уравнения статики известно, что в связи с понижением давления уменьшается и плотность воздуха, но падение температуры ведет к ее увеличению. Результатом совместного влияния понижения давления и температуры плотность воздуха в общем с высотой уменьшается, но не так сильно, как давление. Например, в среднем для территории Европы плотность воздуха у земной

поверхности равна 1,25 кг/м³, а на высоте 5 км она составляет 0,74 кг/м³, на высоте 10 км - 0,41 кг/м³ [3].

Известно, что плотность воздуха вычисляется по уравнению состояния газов [4]. А для расчета плотности влажного воздуха (ρ) применяется следующая формула [5]:

$$\rho = \frac{P}{R_d \cdot T_v}, \quad (1)$$

где P - атмосферное давление; R_d - удельная газовая постоянная; T_v - виртуальная температура.

Для учета влияния влажности воздуха нами с использованием данных из [2] получены статистические зависимости виртуальной температуры от фактической температуры воздуха при различных относительных влажностях (табл.2).

Таблица 2

Регрессионные уравнения связи между виртуальной и фактической температурах воздуха при различных относительных влажностях.

Градации относительной влажности, %	Уравнения связи	Коэффициенты корреляции
50-57	$T_v = 0,1349 \cdot T - (1,3419 + 273,16)$	0,977
58-72	$T_v = 0,1777 \cdot T - (1,8038 + 273,16)$	0,979
73-85	$T_v = 0,2206 \cdot T - (2,2657 + 273,16)$	0,980
86-95	$T_v = 0,2429 \cdot T - (2,4619 + 273,16)$	0,975
>95	$T_v = 0,2657 \cdot T - (2,6571 + 273,16)$	0,970

Рассчитанные величины плотности воздуха по высоте и по месяцам приведены в табл.3 и рис.1 и рис.2.

Таблица 3

Вертикальное распределение плотности воздуха по месяцам, кг/м³.

Высота, м	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	1,30	1,30	1,30	1,29	1,28	1,28	1,27	1,27	1,28	1,29	1,29	1,30
1000	1,15	1,12	1,14	1,13	1,12	1,09	1,10	1,07	1,11	1,14	1,14	1,16
2000	1,02	1,02	1,01	1,00	1,01	0,99	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,02
3000	0,91	0,91	0,90	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,89	0,91	0,91	0,91
4000	0,81	0,81	0,80	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81
5000	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
6000	0,64	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,64	0,64	0,65
7000	0,57	0,57	0,57	0,58	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57
8000	0,50	0,50	0,49	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49
9000	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,45	0,46	0,46	0,45	0,44	0,43
10000	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,41	0,41	0,41	0,41	0,39	0,38	0,38
11000	0,33	0,34	0,33	0,34	0,35	0,36	0,36	0,37	0,36	0,34	0,34	0,33
12000	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,32	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28

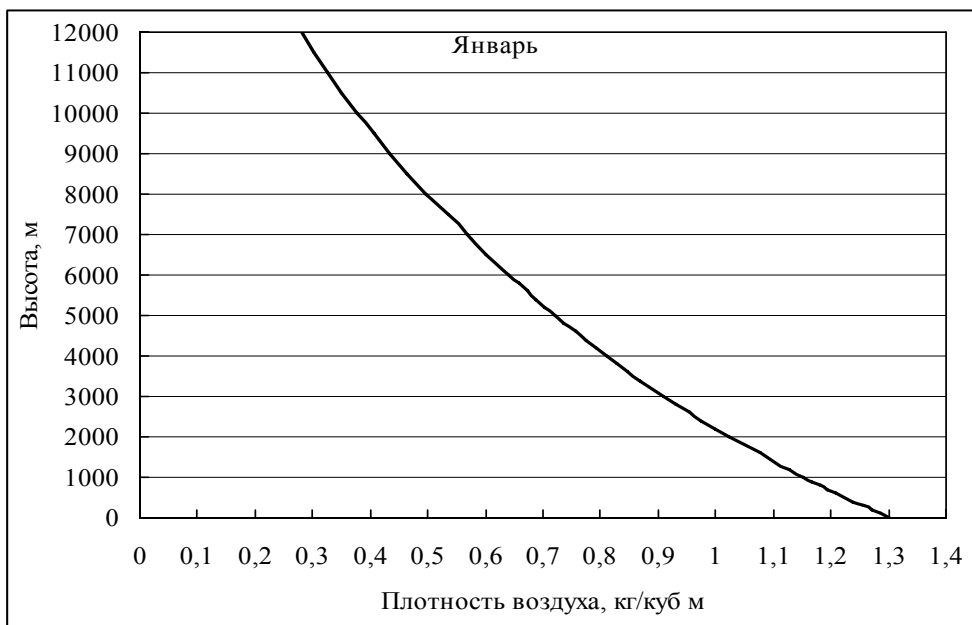


Рис.1. Вертикальное распределение плотности воздуха в январе.

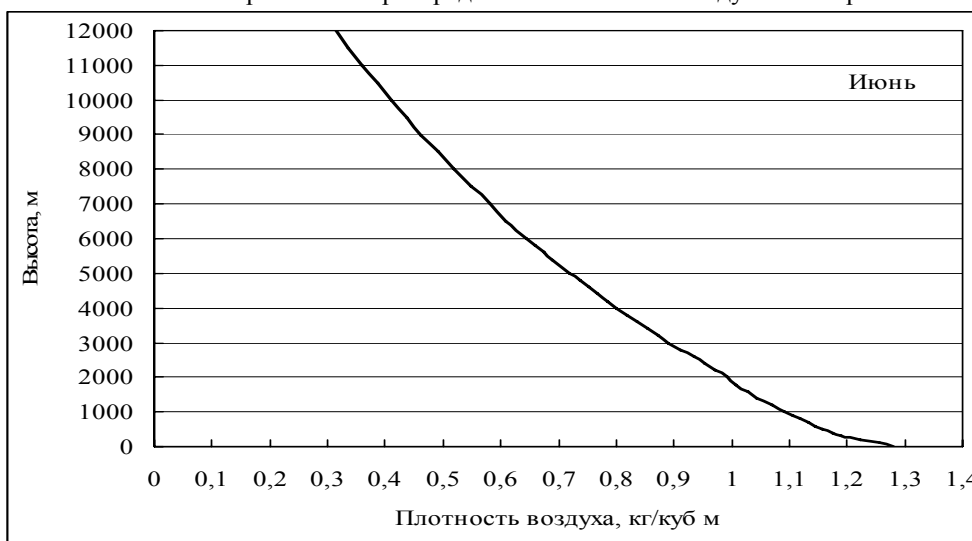


Рис.2. Вертикальное распределение плотности воздуха в июне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулиев Г.И. Атмосферное давление и динамика атмосферы, влияющие на условия полетов над Средним Каспием//**Ученые записки НАА.- Т.6. -№1 -2005. – с.110-114.**
2. Баранов А.М., Лещенко Г.П., Белоусова Л.Ю. **Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов.** –М.: Транспорт. –1993. –287 с.
3. Хромов С.П. **Метеорология и климатология.** –М.: Изд-во МГУ. 1994. –455с.
4. Матвеев Л.Т. **Курс общей метеорологии. Физика атмосферы** –Л.: Гидрометеоиздат. – 1984. –639 с.

5. Иванов В.Х., Литвинов В.И. Синоптическая и авиационная метеорология. Ч. 2. – Синоптическая метеорология. –М.: Воениздат. -1985. -267с.

**ORTA XƏZƏRİN ÜSTÜNDƏ ATMOSFER TƏZYİQİNİN VƏ HAVANIN
SIXLIĞININ ŞAQLI PAYLANMASI**

Q.İ.QULİYEV

XÜLASƏ

Məqalədə aviasiya texnikasının fəaliyyətinə əhəmiyyətli təsir göstərən atmosfer təzyiqinin və havanın sıxlığının şaquli paylanması məsələlərinə baxılmışdır. Tədqiqatlarda 2004-2006-cı illərdə Maştağa aeroloji stansiyasında aparılmış müşahidələrin sutkalıq qiymətlərindən istifadə edilmişdir. Havanın sıxlığını hesablamaq üçün qazların hal tənliyindən istifadə edilmişdir. Alınan nəticələr cədvəl və grafik formasında verilmiş, müvafiq təhlillər aparılmışdır.

**THE VERTICAL SHARING THE ATMOSPHERIC PRESSURE
AND DENSITY OF THE AIR ON MEDDLE CASPIAN**

G.I.KULIYEV

SUMMARY

In this article are considered the questions of the vertical sharing the atmospheric pressure and density of the air, which render the essential influence upon activity of the aircraft technology. An used daily information given were in study for 2004-2006-th years, which were received on base of the vertical flexing of atmosphere on Mashtaga station. The known equation of gas condition is used for calculation of density of the air. The given results are generalized in the of tables and graphics.