

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

Кафедра аэродинамики, конструкций и прочности  
летательных аппаратов

А.Л. Ермаков, М.Г. Ефимова, В.Г. Ципенко

## АЭРОДИНАМИКА (ПРИКЛАДНАЯ). ДИНАМИКА ПОЛЕТА

**Учебно-методическое пособие**  
по оформлению курсовых работ  
и варианты заданий

*для студентов III курса  
направления 25.03.01  
всех форм обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2018

УДК 533.6(07)  
ББК 052-011  
Е72

Рецензент:

*Кубланов М.С.* – д-р техн. наук, проф.

**Ермаков А.Л.**

Е72      Аэродинамика (прикладная). Динамика полета [Текст] : учебно-методическое пособие по оформлению курсовых работ и варианты заданий / А.Л. Ермаков, М.Г. Ефимова, В.Г. Ципенко. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – 36 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Аэродинамика (прикладная). Динамика полета» по учебному плану для студентов III курса направления 25.03.01 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 10.04.2018 г. и методического совета 14.06.2018 г.

**УДК 533.6(07)**  
**ББК 052-011**

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	4
1. Выбор варианта задания .....	4
2. Оформление курсовой работы.....	5
2.1. Порядок представления результатов расчетов .....	5
3. Порядок рецензирования и защиты .....	6
4. Исходные данные .....	8
Литература.....	35

## Введение

Курсовые работы по дисциплинам «Аэродинамика (прикладная)» и «Динамика полета» выполняются в соответствии с учебным планом направления 25.03.01 и предназначены для более углубленного изучения материала и совершенствования навыков самостоятельной работы у студентов.

Для сокращения затрат времени на выполнение курсовой работы (далее - КР) студенту необходимо:

- правильно выбрать вариант КР, руководствуясь указаниями, изложенными ниже;
- ознакомиться с содержанием курсовой работы;
- изучить соответствующие методические указания к выполнению курсовой работы с целью уяснения необходимых исходных данных и данных, получаемых в результате ее выполнения;
- изучить по рекомендованным учебникам и учебным пособиям необходимый материал и методы расчета;
- уяснить требования, предъявляемые к оформлению пояснительной записки (титальный лист, текстовая часть, графическая часть и т.д.), и только затем приступать к выполнению курсовой работы.

## 1. Выбор варианта задания

Вариант задания выбирается студентом самостоятельно в соответствии с номером зачетной книжки. Вариант задания для студентов, номера зачетной книжки которых начинаются с буквы *М*, определяется последними двумя цифрами шифра. Например, по номеру зачетной книжки МБ-901103 выбирается вариант №3, по номеру М-61098 выбирается вариант №98. Если последние две цифры номера зачетной книжки «00», то выбирается вариант № 100. Студенты, номера зачетных книжек которых начинаются с любых других букв (МЦ, МД, МБ и др.) или заканчиваются на букву «и», получают свой вариант путем прибавления к последним двум цифрам шифра зачетной книжки числа 25. Например, для студента с номером зачетной книжки М-161-48 номер варианта будет определен так:  $48+25=73$ .

Согласно полученному номеру варианта выбирается номер столбца в Таблице 1 и соответствующая схема самолета.

Необходимые данные состояния атмосферы определяются по Международной стандартной атмосфере (МСА), приведенной в Таблице 2.

Если в таблице МСА в верхних строчках стоит множитель  $10^5$  или  $10^4$ , то этот множитель распространяется на весь нижеследующий столбец.

## 2. Оформление курсовой работы

Курсовая работа (КР) оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4 и подписывается студентом. В случае выполнения курсовой работы в электронном виде студент при защите КР должен представить файл в редактируемом формате.

Пояснительная записка должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Содержание КР (перечень всех разделов).
3. Перечень всех исходных данных варианта задания из Таблицы 1, а также данные, полученные путем расчета или из чертежа.
4. Каждый раздел КР должен начинаться с названия раздела и содержать в себе необходимый пояснительный текст, расчетные формулы, полученные по этим формулам значения параметров с размерностью (если она есть), таблицы с результатами расчетов и выводы по полученным в разделе результатам. (Текст методических указаний не переписывать!)
5. Промежуточные графики и построения, необходимые для проведения расчетов, и итоговые графики, построенные по результатам расчетов. (Графики из методических указаний не перерисовывать, но давать на них ссылки в тексте пояснительной записки!)
6. Перечень использованной литературы с ссылками на нее в тексте пояснительной записки.
7. Чертеж самолета в трех проекциях, выполненный в соответствии с требованиями ЕСКД на листе формата А3 от руки или графическом редакторе (Компас 3, AutoCad и др.). (Только в курсовой работе по Аэродинамике.)

Пояснительная записка начинается с титульного листа, вид которого приведен на рис. 1.

Если пояснительная записка оформляется в электронном виде (с предоставлением файла), то ее оформление должно соответствовать ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 2.106-96. Если пояснительная записка оформляется от руки, то ГОСТ надо взять за основу и придерживаться общих правил оформления, изложенных в нем.

Пояснительную записку надо разделять на разделы и подразделы, нумерация и заголовки которых указаны в содержании. Нумерация разделов — сквозная. Каждый раздел пояснительной записки должен начинаться с нового листа. Содержание следует после титульного листа, список литературы — в самом конце пояснительной записки.

### 2.1. Порядок представления результатов расчетов

При проведении отдельных (несистематических) вычислений по формулам расчеты должны выглядеть следующим образом: сначала приводится формула в общем виде, затем с подставленными числовыми

значениями, затем полученный результат вычислений и размерность (если она есть). Все результаты вычислений должны содержать не более 3-4 значащих цифр.

При проведении систематических вычислений или при систематическом определении величин из графиков результаты надо оформлять в виде таблиц.

Все таблицы должны быть пронумерованы по порядку и иметь заголовок.

Иллюстрации (графики, схемы) в случае выполнения от руки размещаются на листе миллиметровой бумаге формата А4. При выполнении КР в электронном виде должен быть представлен файл исходных данных для построения графиков (например, в формате .xls). Все графики, построенные по результатам расчетов, размещаются вместе в конце пояснительной записки, чертеж самолета — в самом конце пояснительной записки.

Пояснительная записка сшивается либо степлером, либо в папке-скоросшивателе. При этом не размещать каждый лист пояснительной записки в отдельный прозрачный файл!

### **3. Порядок рецензирования и защиты**

Выполненная КР предоставляется студентом на кафедру для рецензирования. Студенты заочного обучения могут выслать готовую КР до начала сессии на электронную почту преподавателя, если такой способ рецензирования был предложен преподавателем на установочной лекции.. Если по результатам рецензирования возникла необходимость внесения исправлений, то они вносятся либо прямо в текст пояснительной записки, либо в файл с пояснительной запиской, выделяя их другим цветом.

После устранения всех замечаний и внесения всех исправлений КР может быть допущена к защите. Защита КР происходит только очно. На защите студент должен показать:

- знание теоретических разделов курса, на которых основано выполнение КР,
- умение пользоваться методами расчетов (математическими моделями), используемыми в КР,
- умение проводить анализ результатов расчета.

Если при рецензировании или защите выяснится, что курсовая работа выполнена или оформлена не самостоятельно, то она изымается, а студенту выдается новый вариант.

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра Аэродинамики конструкции и прочности летательных аппаратов

Курсовая работа по  
АЭРОДИНАМИКЕ  
(ДИНАМИКЕ ПОЛЕТА)

Расчет аэродинамических характеристик самолета транспортной категории  
(Расчет летно-технических характеристик  
самолета транспортной категории)

Студента 3-го курса  
Механического (Заочного) факультета  
направления 25.03.01  
ИВАНОВА ИВАНА ИВАНОВИЧА

Шифр зачетной книжки \_\_\_\_\_  
Номер варианта \_\_\_\_\_

Оценка рецензирования \_\_\_\_\_  
Оценка защиты \_\_\_\_\_

Москва 2018

Рис. 1. Образец титульного листа

## 4. Исходные данные

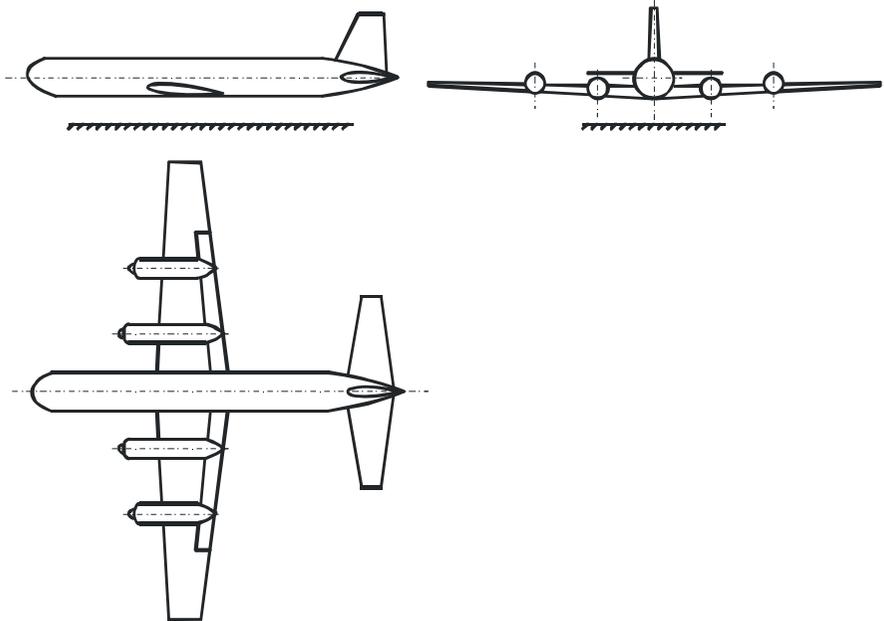
Таблица 1

1.	Вариант задания		
2.	Расчетная крейсерская скорость	$V$	км/ч
3.	Расчетная высота полета	$H$	М
4.	Взлетная масса	$m_0$	Кг
5.	Площадь крыла	$S$	м <sup>2</sup>
6.	Размах крыла	$L$	М
7.	Средняя относительная толщина профиля	$\bar{c}$	%
8.	Средняя относительная кривизна профиля	$\bar{f}$	%
9.	Угол атаки нулевой подъемной силы	$\alpha_0$	град
10.	Частная производная коэффициента подъемной силы по углу атаки для профиля	$c_{\alpha}^{\alpha}$	1/град
11.	Допустимый скоростной напор в длительном полете	$q$	Н/м <sup>2</sup>
12.	Допустимое число Маха в длительном полете	$M_{\text{доп}}$	-
13.	Допустимая перегрузка	$n_{\text{удоп}}$	-
14.	Максимальная эксплуатационная перегрузка	$n_{\text{зmax}}^{\text{э}}$	-
15.	Допустимая интенсивность индикаторного вертикального порыва ветра	$W_i$	м/с
16.	Тип двигателя; в скобках указаны: - для ДТРД степень двухконтурности - для ТВД высота ограничения мощности	$m$ $H_{\text{огр}}$	- м
17.	(Количество двигателей) $x$ - (статическая тяга одного двигателя для ТРД и ДТРД) - (статическая мощность одного двигателя для ТВД)	$P_0$ $N_{\text{э0}}$	Н кВт
18.	Статический удельный расход топлива	$c_p$ $c_e$	кг/Нч кг/кВтч
19.	Схема общего вида самолета		

Продолжение Табл. 1

1	1	2	3	4	5
2	575	625	600	650	600
3	6000	6200	5500	7000	6000
4	55500	61200	60000	67000	79400
5	136	140	157	164	192,7
6	35,8	37,4	36,5	43,1	43,4
7	15	15	14	16	15
8	2	1,75	1,5	1,25	1,8
9	-1,2	-1,02	-1,2	-1,15	-1,05
10	5,80	5,7	5,45	5,35	5,7
11	12400	12200	12200	11900	11800
12	0,6	0,62	0,6	0,63	0,61
13	1,5	1,3	1,4	1,3	1,3
14	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
15	10	8	11	9	9
16	ТВД(4000)	ТВД(4500)	ТВД(3000)	ТВД(5000)	ТВД(4000)
17	4x2500	4x2800	4x2800	4x2400	4x3000
18	0,29	0,32	0,30	0,28	0,34

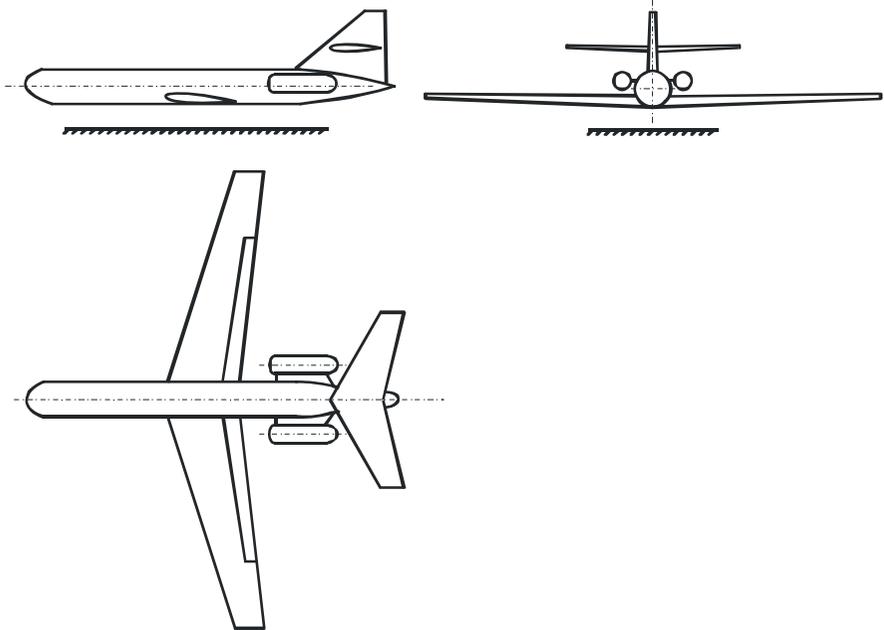
19



Продолжение Табл. 1

1	6	7	8	9	10
2	815	780	815	800	700
3	8000	7500	9500	9000	11500
4	22600	24500	33400	41300	52000
5	76,5	86	91	82	147
6	25,3	23,5	27	28,5	34,3
7	11,5	12	12	10	12
8	1,4	1,6	1,8	1,2	1,5
9	-0,42	-0,4	-0,6	-0,4	-0,5
10	5,63	5,68	5,74	5,6	5,75
11	14700	14300	14200	13700	13200
12	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81
13	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
14	2,9	2,8	2,5	2,4	2,3
15	8	9	12	11	10
16	ТРД	ДТРД(1)	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)	ДТРД(2,5)
17	2x32000	2x38500	2x46000	2x53000	2x72000
18	0,08	0,06	0,035	0,0416	0,044

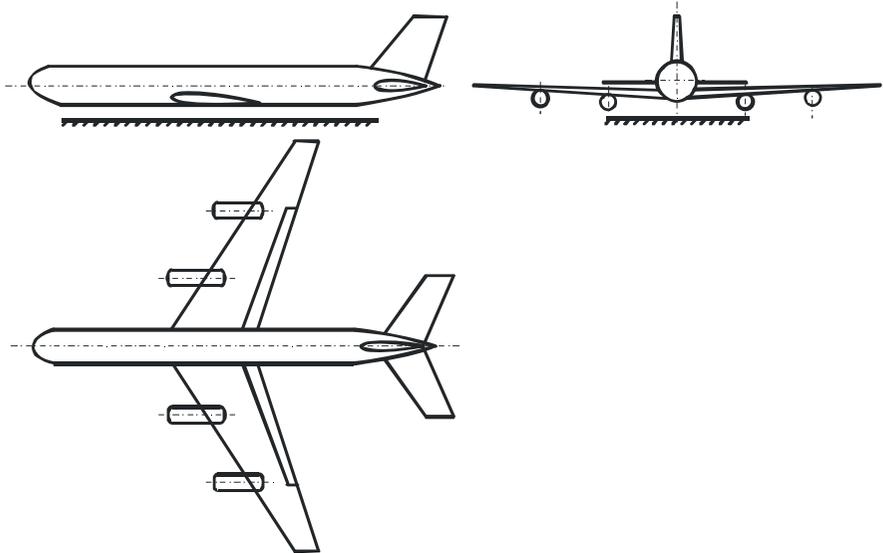
19



Продолжение Табл. 1

1	11	12	13	14	15
2	810	850	855	840	840
3	10500	10500	11500	10000	11000
4	83700	115000	117000	142000	148000
5	185,8	208,9	226	268,7	273,3
6	36,6	36,6	39,9	43,4	44,4
7	11	10	11,5	12,5	12
8	1,7	1,5	1,8	2,5	2
9	-0,1	-0,27	-0,20	-0,60	-1,2
10	5,42	5,40	5,72	5,40	5,30
11	16800	16500	16100	15700	15500
12	0,79	0,78	0,77	0,79	0,79
13	1,3	1,25	1,25	1,2	1,16
14	3,0	2,7	2,7	2,6	2,5
15	8	9	10	11	12
16	ТРД	ДТРД(1)	ДТРД(6)	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)
17	4x50000	4x72000	4x76000	4x78000	4x100000
18	0,075	0,059	0,036	0,062	0,047

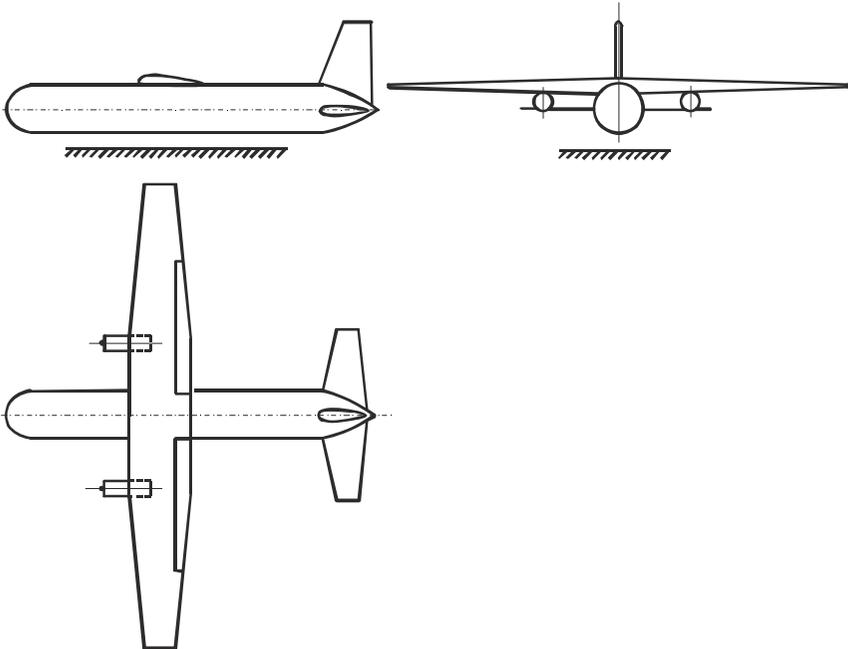
19



Продолжение Табл. 1

1	16	17	18	19	20
2	420	475	450	450	500
3	4000	6000	5500	5000	6000
4	6000	17000	21000	17300	49000
5	32	72	75	88	160
6	14	29,2	29,6	29,3	40
7	15	14	14	16	14
8	2	2,5	2	1,75	2,25
9	-1,1	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0
10	5,75	5,85	5,3	5,55	5,62
11	9900	10000	10000	10100	11600
12	0,63	0,62	0,61	0,60	0,63
13	1,5	1,25	1,15	1,2	1,16
14	3,10	3,05	2,80	3,00	2,50
15	10	11	10	9	8
16	ТВД(2000)	ТВД(5000)	ТВД(4000)	ТВД(3000)	ТВД(5000)
17	2x720	2x1200	2x1800	2x1500	2x4500
18	0,31	0,29	0,32	0,35	0,3

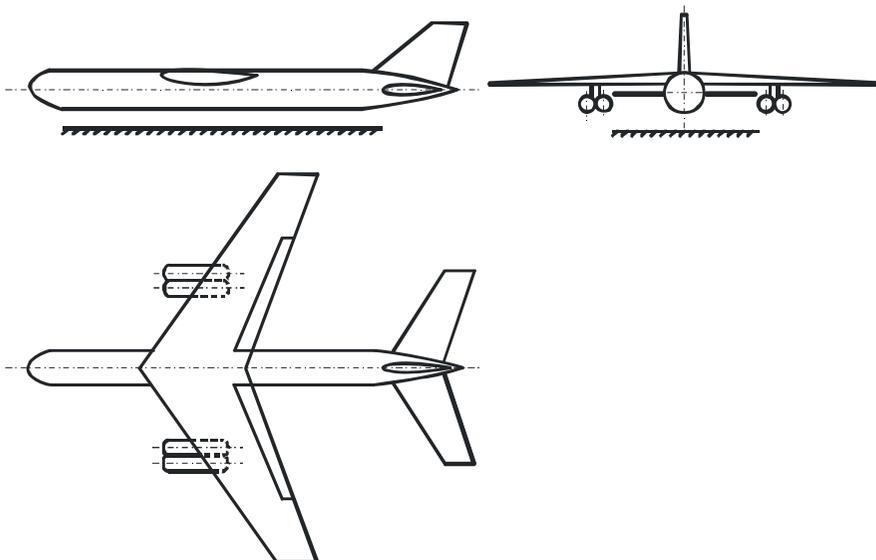
19



Продолжение Табл. 1

1	21	22	23	24	25
2	800	830	810	850	840
3	11500	10000	11000	11000	10000
4	47000	47500	48000	49000	50000
5	132	135	138	141,5	145
6	26,4	27	27	27	27,6
7	11	10	10	9	8
8	1,6	1,5	1,6	1,41	1,2
9	-1,2	-1,1	-1,2	-1,0	-0,8
10	5,39	5,43	5,37	5,41	5,35
11	17300	17200	17100	16900	16700
12	0,78	0,79	0,785	0,8	0,795
13	1,6	1,55	1,5	1,4	1,3
14	3,1	3,0	2,9	2,7	2,5
15	10	9	11	12	8
16	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)	ТРД
17	4x29400	4x30000	4x32000	4x31000	4x32000
18	0,06	0,046	0,037	0,045	0,082

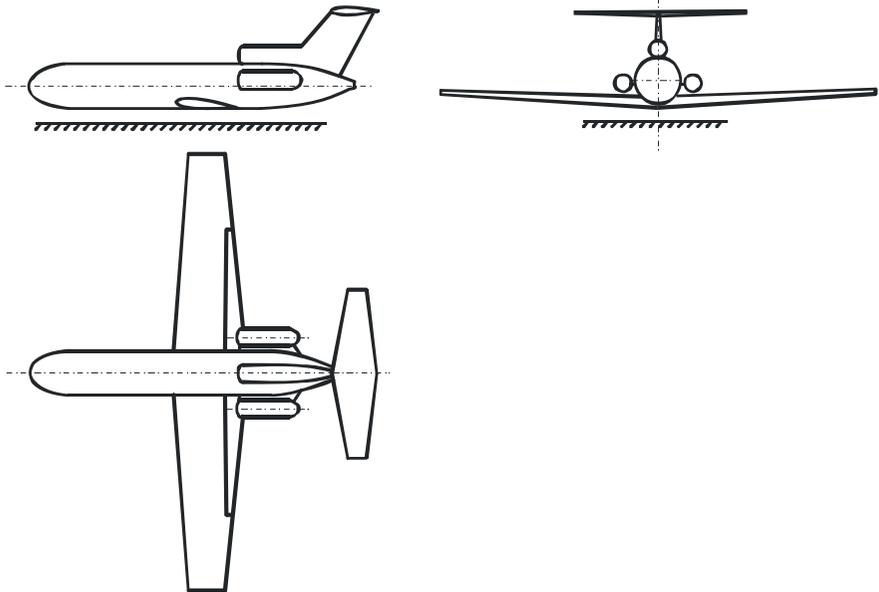
19



Продолжение Табл. 1

1	26	27	28	29	30
2	535	540	550	550	545
3	4000	4500	6000	5500	5000
4	12400	13000	13700	11000	12000
5	72,5	75	70	65	67,5
6	25,5	26	25	24	24,5
7	12	11	14	13	10
8	1,3	1,2	1,5	1,4	1,1
9	0,10	0,35	-0,40	-0,15	0,6
10	5,80	5,78	5,84	5,82	5,76
11	9600	9500	9400	9700	9600
12	0,61	0,60	0,60	0,63	0,62
13	1,7	1,6	1,5	1,8	1,75
14	3,75	3,7	3,6	3,9	3,8
15	6	8	10	8	9
16	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)	ДТРД(2,5)	ДТРД(1)	ДТРД(1)
17	3x13200	3x13900	3x14700	3x11800	3x12700
18	0,061	0,048	0,046	0,059	0,063

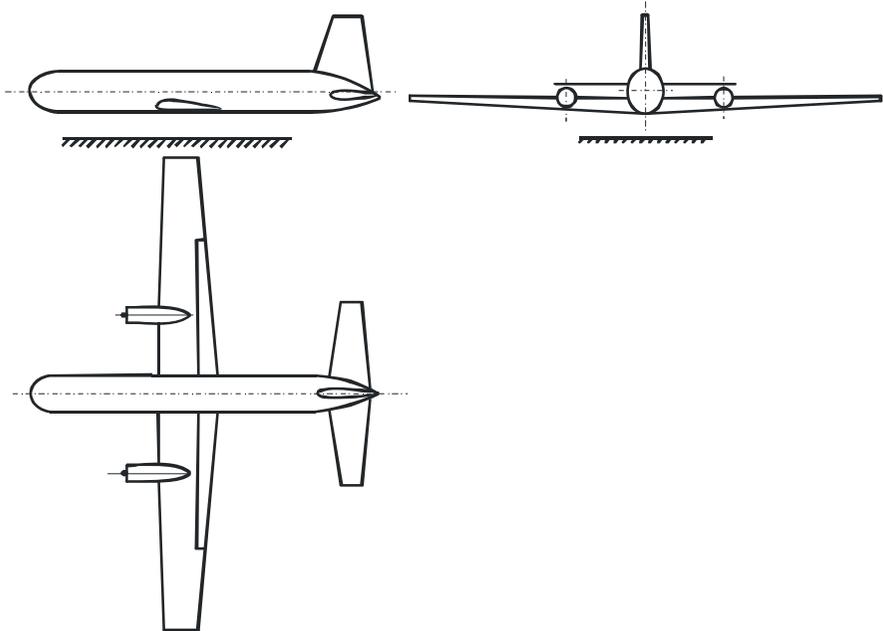
19



Продолжение Табл. 1

1	31	32	33	34	35
2	420	450	440	460	470
3	5000	5000	4500	4000	4500
4	19700	22700	23200	23700	24000
5	75	77,5	72,5	83,4	94,8
6	29	29,9	30	31	32
7	16	15	15	14	14
8	2,5	2,3	2,0	2,4	1,8
9	-1,2	-1,15	-1,10	-1,20	-1,0
10	5,78	5,75	5,81	5,75	5,85
11	10800	10600	10400	10200	9700
12	0,6	0,61	0,6	0,62	0,63
13	1,34	1,30	1,26	1,22	1,18
14	2,85	2,7	2,64	2,5	2,35
15	8	9	10	9	8
16	ТВД(4000)	ТВД(4000)	ТВД(3000)	ТВД(2000)	ТВД(3000)
17	2x1700	2x1800	2x1900	2x2000	2x2300
18	0,28	0,29	0,30	0,32	

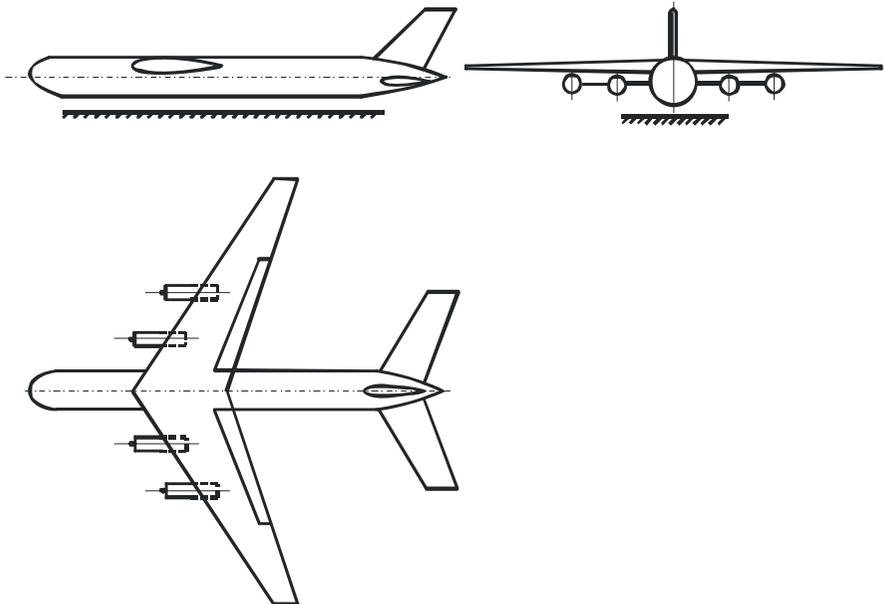
19



Продолжение Табл. 1

1	36	37	38	39	40
2	820	815	820	810	815
3	9000	10000	11000	10500	10000
4	323000	143000	300000	295000	230000
5	576	300	511	541	567
6	68	49	60	67	67
7	12	11,5	8	10	11
8	1,6	1,4	1,2	1,8	1,3
9	-0,2	-0,2	-0,1	-0,6	-0,1
10	5,44	5,62	5,71	5,6	5,47
11	16200	16900	16400	16600	16000
12	0,8	0,84	0,81	0,82	0,83
13	1,4	1,6	1,3	1,2	1,5
14	2,65	3,05	2,55	2,45	2,75
15	8	10	9	11	12
16	ДТРД(6)	ДТРД(1)	ДТРД(6)	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)
17	4x182000	4x93300	4x169000	4x165000	4x176000
18	0,034	0,08	0,036	0,037	0,046

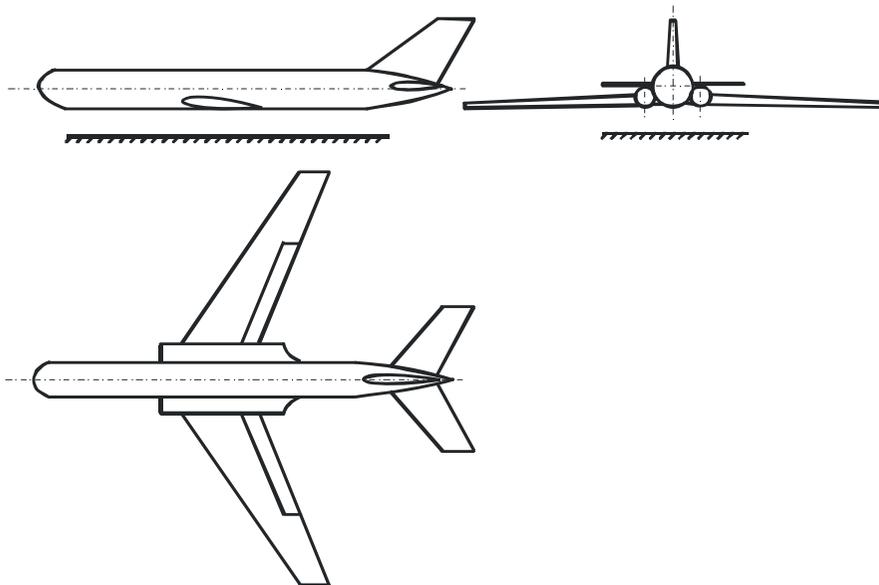
19



Продолжение Табл. 1

1	41	42	43	44	45
2	770	780	810	800	790
3	9000	10000	9500	10000	9500
4	34500	36000	74100	76000	78200
5	105,4	119,4	169,7	174,4	200
6	25,5	25,5	34,5	34,5	34,5
7	13	12	13	12,8	12,5
8	2,2	1,85	2,0	1,6	1,7
9	-0,3	-0,4	-0,45	-0,50	-0,55
10	5,61	5,62	5,45	5,52	5,59
11	15400	16500	16200	16600	15700
12	0,78	0,78	0,79	0,76	0,77
13	1,25	1,20	1,44	1,34	1,22
14	2,85	2,5	2,75	2,6	2,45
15	12	10	11	8	9
16	ДТРД(2,5)	ДТРД(1)	ДТРД(1)	ТРД	ТРД
17	2x53000	2x54000	2x90000	2x93000	2x96000
18	0,044	0,059	0,062	0,079	0,081

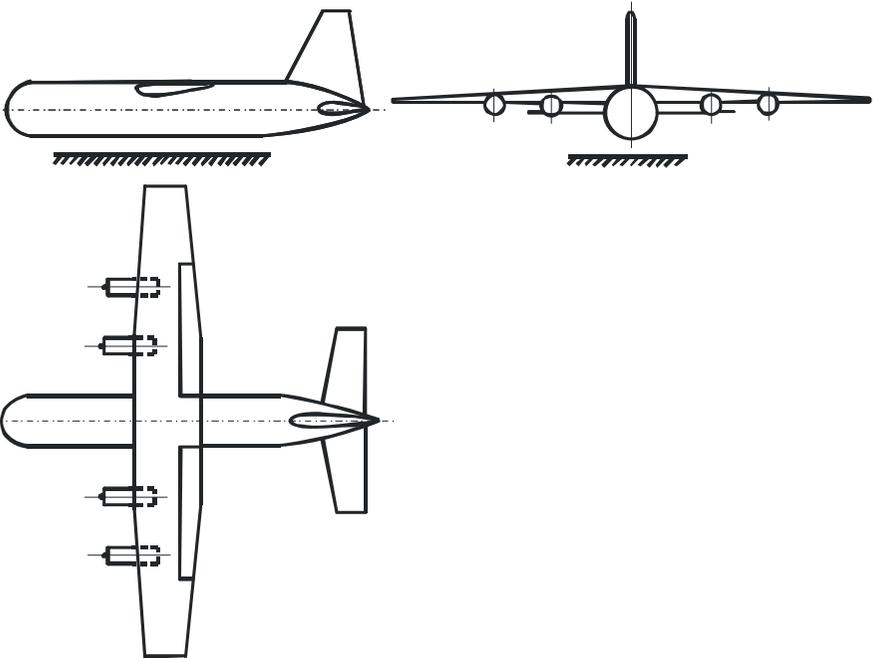
19



Продолжение Табл. 1

1	46	47	48	49	50
2	680	570	570	670	690
3	6000	6000	6500	7000	8000
4	64000	80100	125000	144000	200000
5	142	193	248,3	304	345
6	36	44	54,8	55,2	64,4
7	14	15	14	12	14
8	2,3	2,5	2,2	2,0	2,4
9	-0,96	-1,15	-1,2	-1,0	-1,2
10	5,5	5,44	5,35	5,5	5,81
11	16300	16700	15900	15500	15100
12	0,76	0,63	0,64	0,74	0,75
13	1,36	1,32	1,28	1,26	1,24
14	2,7	2,6	2,45	2,35	2,25
15	8	8	10	9	10
16	ТВД(4000)	ТВД(4000)	ТВД(4000)	ТВД(5000)	ТВД(6000)
17	4x4100	4x5000	4x4800	4x7500	4x11000
18	0,34	0,33	0,32	0,29	0,3

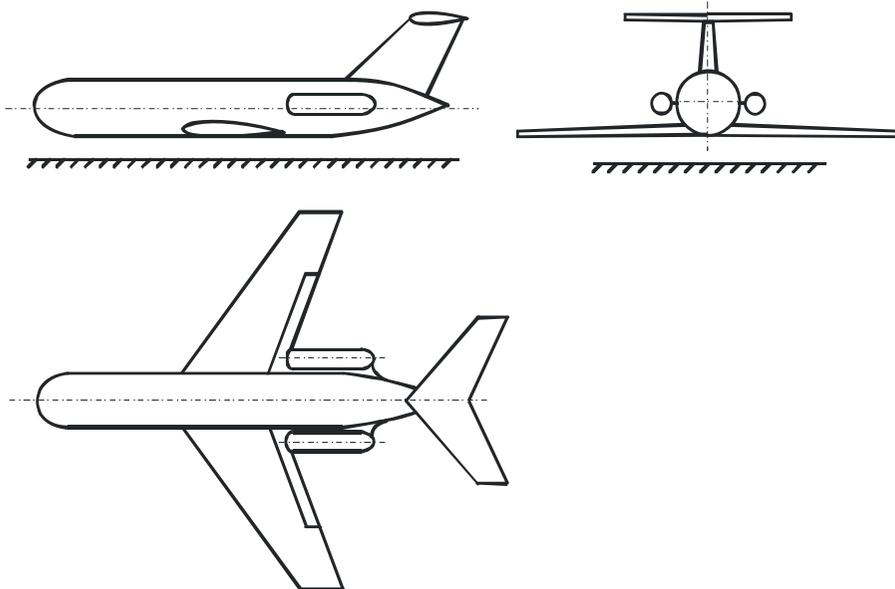
19



Продолжение Табл. 1

1	51	52	53	54	55
2	800	675	825	750	760
3	9000	7000	6000	8000	6000
4	8000	9300	9500	12000	25000
5	32	33	34	41	76,4
6	13,5	14,3	15	16,3	24
7	10	9,5	10	11	13
8	1,65	1,7	1,8	1,9	2,0
9	-0,7	-0,6	-0,35	-0,45	-0,6
10	5,65	5,8	5,54	5,73	5,7
11	14200	13200	14500	13500	13800
12	0,81	0,76	0,83	0,79	2,0
13	1,65	1,5	1,35	1,3	1,26
14	3,5	3,35	3,3	3,1	2,9
15	10	11	12	10	8
16	ТРД	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)	ТРД	ДТРД(1)
17	2x13300	2x13700	2x14700	2x18600	2x43000
18	0,08	0,06	0,045	0,078	0,062

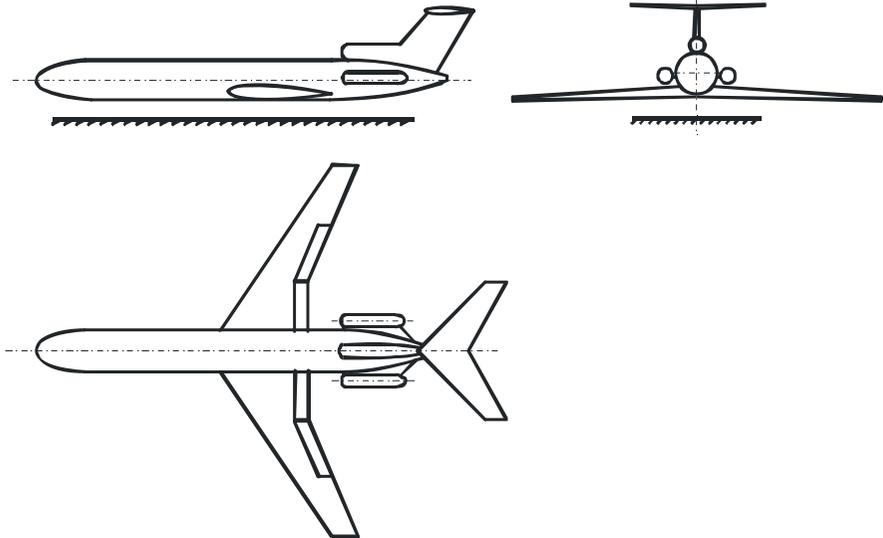
19



Продолжение Табл. 1

1	56	57	58	59	60
2	853	835	830	800	850
3	10500	10500	9000	10000	10000
4	52200	59900	68900	84000	90000
5	126,2	131,5	153,3	180,0	201,5
6	27,4	29,0	32,9	37,6	37,6
7	11	11	9	12	11
8	1,90	2,0	1,60	1,85	1,95
9	0,8	0,45	-0,3	0,8	1,0
10	5,72	5,68	5,62	5,73	5,75
11	15900	14700	13900	15700	13100
12	0,86	0,84	0,82	0,88	0,85
13	1,415	1,33	1,29	1,24	1,21
14	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3
15	12	11	10	8	9
16	ДТРД(1)	ТРД	ДТРД(6)	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)
17	3x44000	3x51000	3x62000	3x93000	3x97000
18	0,06	0,087	0,036	0,062	0,045

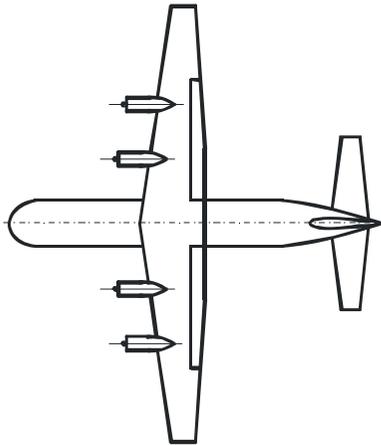
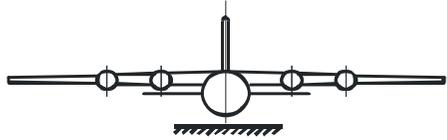
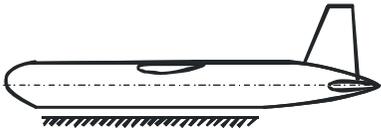
19



Продолжение Табл. 1

1	61	62	63	64	65
2	560	600	590	550	550
3	6000	6000	6500	6000	7000
4	31300	51300	61000	70300	102000
5	89,5	120,8	121,7	162,0	229,0
6	28,6	30,4	38,0	40,4	48,4
7	16	14,5	16	15	15
8	2,5	1,95	2,4	2,2	2,0
9	-1,15	-0,85	-1,2	-1,1	-1,2
10	5,86	5,6	5,55	5,8	5,6
11	10500	10300	10000	9800	9500
12	0,6	0,64	0,63	0,6	0,61
13	1,28	1,22	1,16	1,21	1,19
14	2,65	2,54	2,23	2,502	2,47
15	10	9	10	12	11
16	ТВД(4000)	ТВД(4000)	ТВД(5000)	ТВД(3000)	ТВД(6000)
17	4x1500	4x2800	4x3100	4x2200	4x3100
18	0,3	0,32	0,34	0,29	0,31

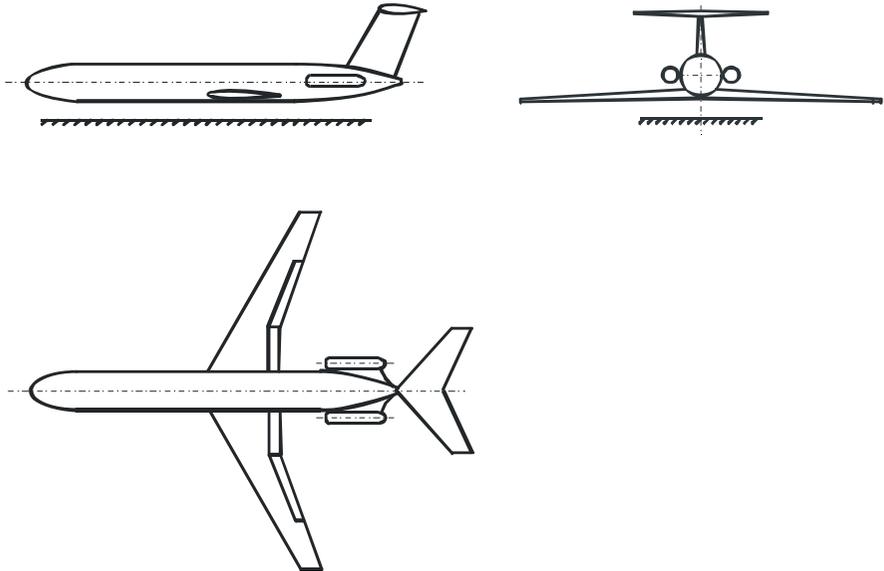
19



Продолжение Табл. 1

1	66	67	68	69	70
2	750	775	800	825	850
3	7000	7500	8500	8000	10000
4	36000	37500	39000	42000	44500
5	115	118	121,1	124,5	127,7
6	29	27,5	29	30,5	29
7	10	11	11,5	12	13
8	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
10	5,49	5,58	5,67	5,76	5,85
11	14300	14100	13800	13200	12800
12	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84
13	1,6	1,5	1,4	1,3	1,25
14	2,5	2,45	2,4	2,35	2,3
15	10	8	10	12	9
16	ДТРД(1)	ДТРД(6)	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)	ДТРД(2,5)
17	2x53000	2x55000	2x60000	2x64000	2x67000
18	0,06	0,034	0,061	0,044	0,045

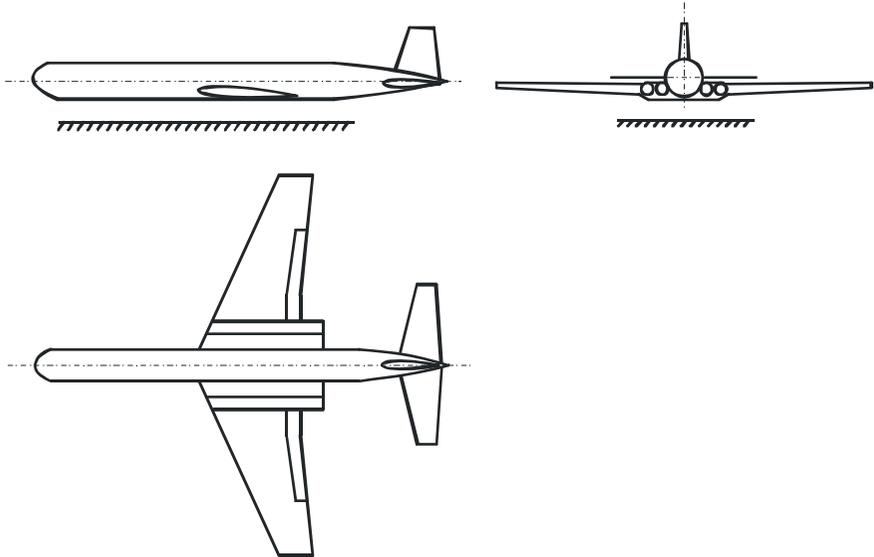
19



Продолжение Табл. 1

1	71	72	73	74	75
2	780	810	840	860	740
3	10500	8500	7000	10000	11000
4	74400	72600	71700	70800	73500
5	197	195	190	192	201
6	34,1	33,5	32,9	35	35,6
7	11	12	11	13	11
8	1,55	1,8	1,7	2,0	1,65
9	-0,6	-0,75	-0,7	-0,8	-0,65
10	5,75	5,79	5,68	5,82	5,71
11	17400	17200	17000	16800	17300
12	0,82	0,80	0,81	0,82	0,82
13	1,3	1,5	1,5	1,5	1,4
14	2,35	2,45	2,5	2,55	2,4
15	8	9	10	11	12
16	ДТРД(1)	ДТРД(1)	ТРД	ДТРД(2,5)	ТРД
17	4x46000	4x46700	4x47000	4x47000	4x46500
18	0,062	0,059	0,08	0,045	0,081

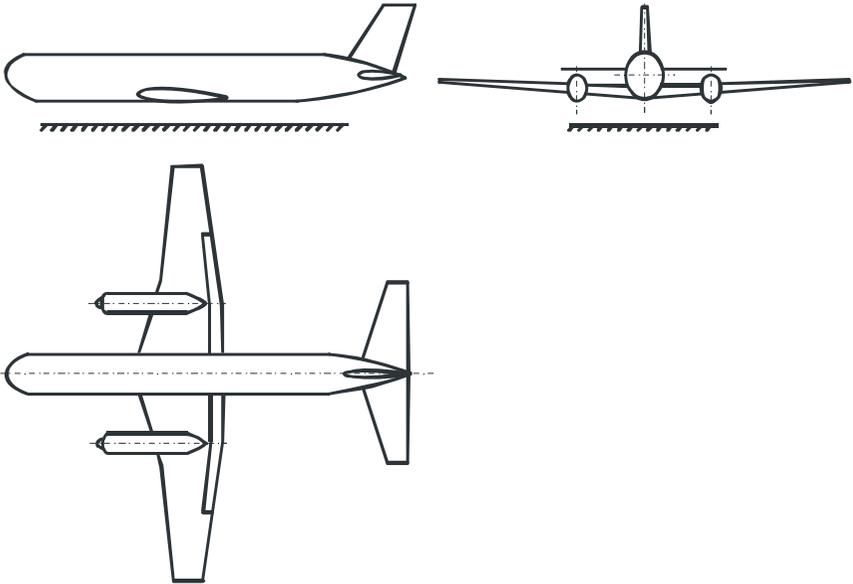
19



Продолжение Табл. 1

1	76	77	78	79	80
2	400	430	430	400	500
3	3000	2500	5000	4000	4500
4	4600	4500	4000	5600	6460
5	21	28	25	25,1	27
6	14	15,4	14,3	15,8	15,9
7	14	14	12	14	14
8	1,85	2,1	1,8	2,3	2,5
9	-1,15	-1,05	-0,05	-1,1	-1,0
10	5,82	5,72	5,7	5,76	5,72
11	9000	11000	10000	9000	12000
12	0,59	0,6	0,6	0,61	0,62
13	1,6	1,55	1,7	1,4	1,2
14	3,4	3,35	3,5	3,2	3,0
15	11	7	10	8	9
16	ТВД(2000)	ТВД(2000)	ТВД(3000)	ТВД(3000)	ТВД(3500)
17	2x400	2x400	2x480	2x480	2x560
18	0,3	0,31	0,29	0,34	0,32

19



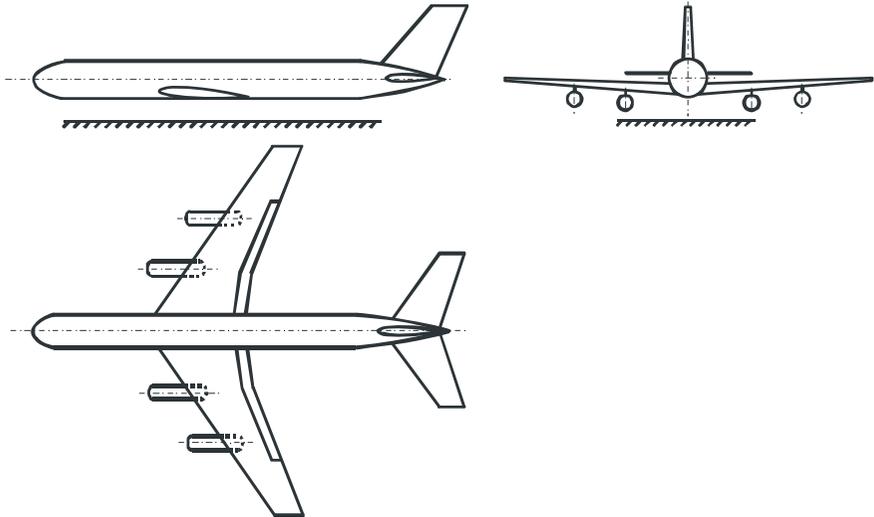
Продолжение Табл. 1

1	81	82	83	84	85
2	650	700	800	750	700
3	10000	9000	11000	8000	7000
4	7500	7260	6800	8000	8200
5	20,9	22,5	25	28	30
6	11,4	12,2	13	13,7	14,4
7	9	10	12	11	11,5
8	1,75	1,85	1,95	1,65	1,75
9	-0,2	-0,3	-0,4	-0,63	-0,85
10	5,44	5,74	5,58	5,60	5,61
11	13500	13400	13200	13700	13900
12	0,77	0,78	0,79	0,76	0,75
13	1,5	1,6	1,7	1,4	1,3
14	3,2	3,3	3,4	3,1	3,0
15	8	9	10	11	12
16	ДТРД(1)	ТРД	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)	ДТРД(1)
17	2x11700	2x12700	2x13100	2x13300	2x12200
18	0,06	0,08	0,062	0,045	0,059
19					

Продолжение Табл. 1

1	86	87	88	89	90
2	810	850	875	860	935
3	9000	10000	10500	11000	11000
4	87500	124000	125000	143000	352000
5	187,6	257,6	262,7	267,8	511,0
6	37,4	42,4	43,0	43,4	59,8
7	11	10	12	11	10,2
8	1,9	1,8	2,0	1,85	1,7
9	-0,8	-0,35	-0,27	-0,20	-0,7
10	5,6	5,62	5,66	5,7	5,5
11	16100	15400	15100	14800	15900
12	0,79	0,82	0,85	0,83	0,9
13	1,32	1,26	1,25	1,23	1,20
14	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2
15	11	9	8	12	10
16	ТРД	ДТРД(1)	ДТРД(1)	ДТРД(2,5)	ДТРД(6)
17	4x52000	4x84000	4x70000	4x95000	4x212000
18	0,081	0,06	0,062	0,047	0,035

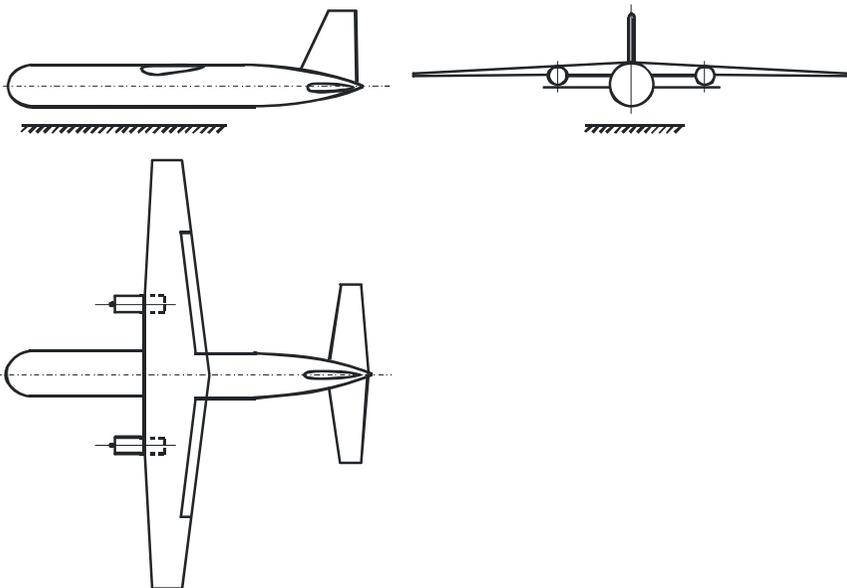
19



Продолжение Табл. 1

1	91	92	93	94	95
2	4 90	440	475	445	425
3	5000	6000	6000	6000	7000
4	12000	16200	19500	17700	19500
5	47	70	70	82,4	82,3
6	22,1	27,1	29	28,3	28,9
7	14	14	15	16	14
8	2,1	2,3	2,4	2,5	2,2
9	-1,2	-0,95	-1,1	-1,14	-1,1
10	5,8	5,78	5,71	5,52	5,82
11	12000	11000	10300	11000	10300
12	0,64	0,6	0,62	0,61	0,6
13	1,65	1,3	1,22	1,26	1,18
14	3,2	2,9	2,7	2,8	2,7
15	12	11	10	7	12
16	ТВД(3000)	ТВД(4000)	ТВД(5000)	ТВД(4000)	ТВД(6000)
17	2x1050	2x1270	2x1490	2x1550	2x1550
18	0,28	0,3	0,32	0,33	0,31

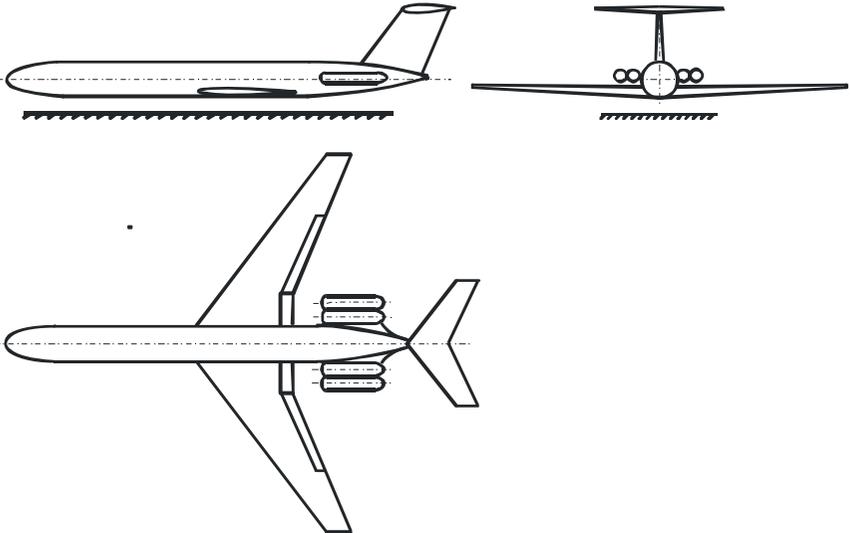
19



Продолжение Табл. 1

1	96	97	98	99	100
2	490	440	475	445	425
3	5000	6000	6000	6000	7000
4	12000	16200	19600	17700	19500
5	47	70	70	82,4	82,3
6	22,1	27,1	29	28,3	28,9
7	14	14	15	16	14
8	2,1	2,3	2,4	2,5	2,2
9	-1,2	-0,95	-1,1	-1,14	-1,1
10	5,8	5,78	5,71	5,52	5,82
11	12000	11000	10300	11000	10300
12	0,64	0,6	0,62	0,61	0,6
13	1,65	1,3	1,22	1,26	1,18
14	3,2	2,9	2,7	2,8	2,7
15	12	11	10	7	12
16	ТВД(3000)	ТВД(4000)	ТВД(5000)	ТВД(4000)	ТВД(6000)
17	2x1050	2x1270	2x1490	2x1550	2x1550
18	0,28	0,3	0,32	0,33	0,31

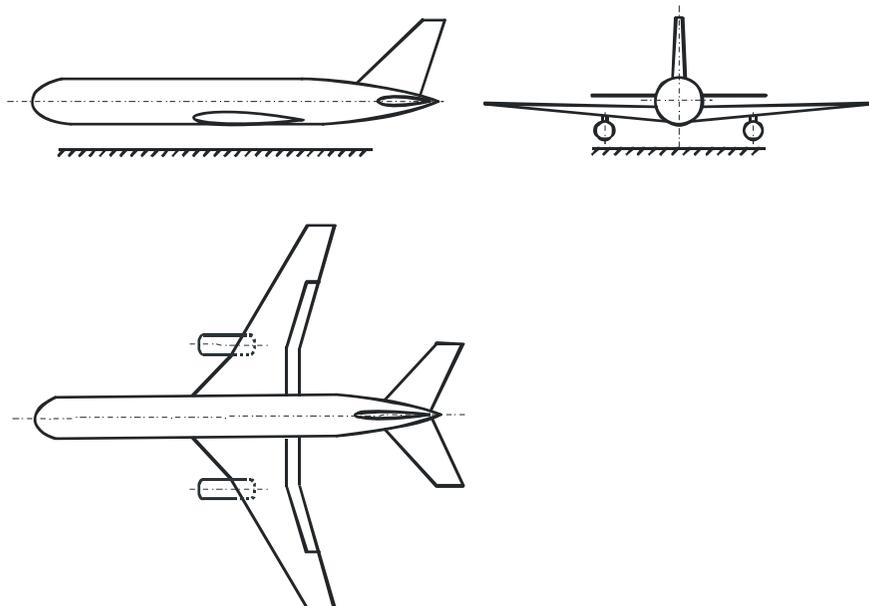
19



Продолжение Табл. 1

1	101	102	103	104	105
2	800	850	830	780	820
3	9000	10000	9500	10000	10000
4	15000	45400	52500	116000	120000
5	64	91	116	220	226
6	21	28,3	30,6	39,3	45,1
7	15	10	11,3	11,5	12
8	2,5	1,76	1,84	1,92	2,1
9	-0,7	-0,2	-0,3	-0,3	-0,55
10	5,8	5,61	5,75	5,67	5,61
11	9600	16900	18500	15900	15800
12	0,64	0,82	0,81	0,79	0,80
13	1,46	1,37	1,28	1,30	1,28
14	3,4	2,8	2,6	2,52	2,48
15	8	9	12	10	11
16	ДТРД(1)	ТРД	ДТРД(1)	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)
17	2x34000	2x62000	2x69000	2x196000	2x210000
18	0,059	0,079	0,061	0,034	0,046

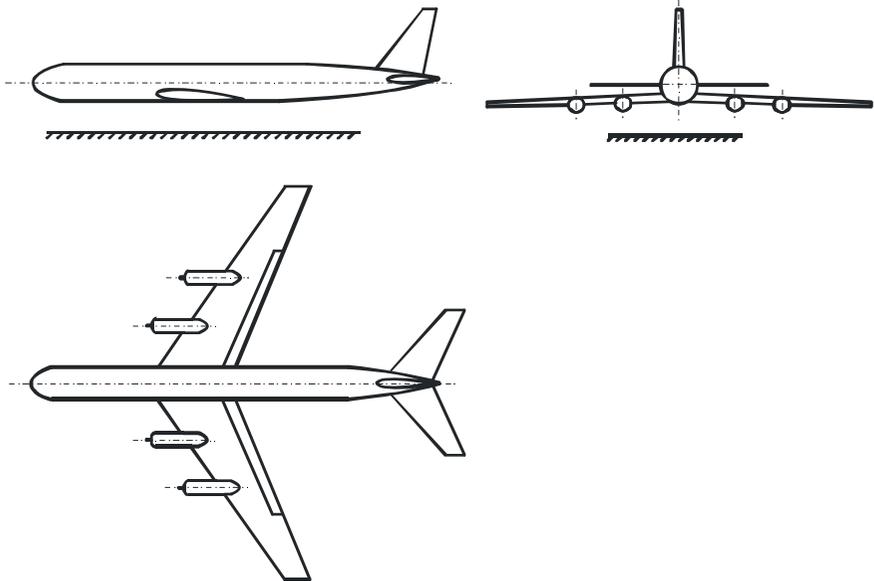
19



Продолжение Табл. 1

1	106	107	108	109	110
2	680	690	700	720	750
3	6000	6500	7000	7500	8000
4	163000	167000	170000	173000	177000
5	300,9	306	311,1	316,2	321,3
6	49,8	50,3	50,8	51,1	51,4
7	13	12,5	12	11,5	11
8	1,8	1,75	1,96	1,82	1,94
9	-1,08	-1,1	-1,0	-1,05	-1,1
10	5,58	5,85	5,84	5,02	5,76
11	14200	14100	14000	13900	13600
12	0,76	0,74	0,75	0,76	0,77
13	1,38	1,34	1,30	1,26	1,20
14	2,6	2,52	2,48	2,44	2,42
15	8	12	9	10	11
16	ТВД(4000)	ТВД(4500)	ТВД(5000)	ТВД(3500)	ТВД(6000)
17	4x8100	4x8500	4x8800	4x9200	4x9600
18	0,3	0,31	0,32	0,29	0,3

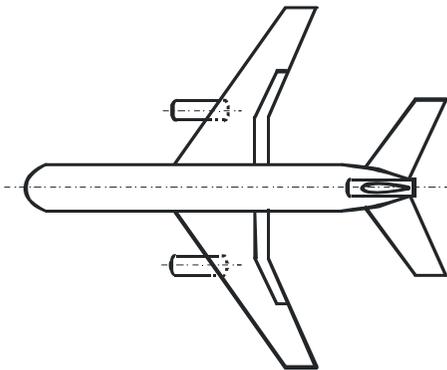
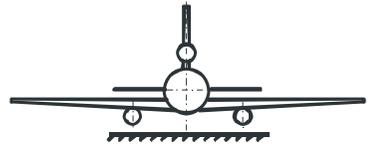
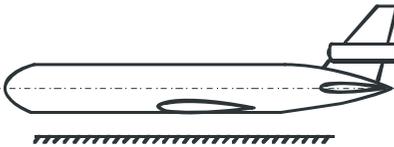
19



Продолжение Табл. 1

1	111	112	113	114	115
2	940	950	960	980	900
3	9000	9200	9000	9600	10000
4	176000	181000	186000	191000	196000
5	299	310	321	332	343
6	45,6	46,2	47,0	47,8	48,6
7	9	9,6	10,2	10,8	11,4
8	1,89	1,86	1,8	1,76	1,72
9	0,2	0,26	0,4	0,44	0,36
10	5,44	5,62	5,58	5,52	5,48
11	16900	16500	16300	16000	15700
12	0,89	0,90	0,91	0,88	0,87
13	1,52	1,48	1,44	1,40	1,36
14	2,56	2,52	2,48	2,42	2,36
15	8	9	10	11	12
16	ДТРД(1)	ТРД	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)	ДТРД(2,5)
17	3x164000	3x170000	3x176000	3x187000	3x189000
18	0,06	0,08	0,034	0,047	0,044

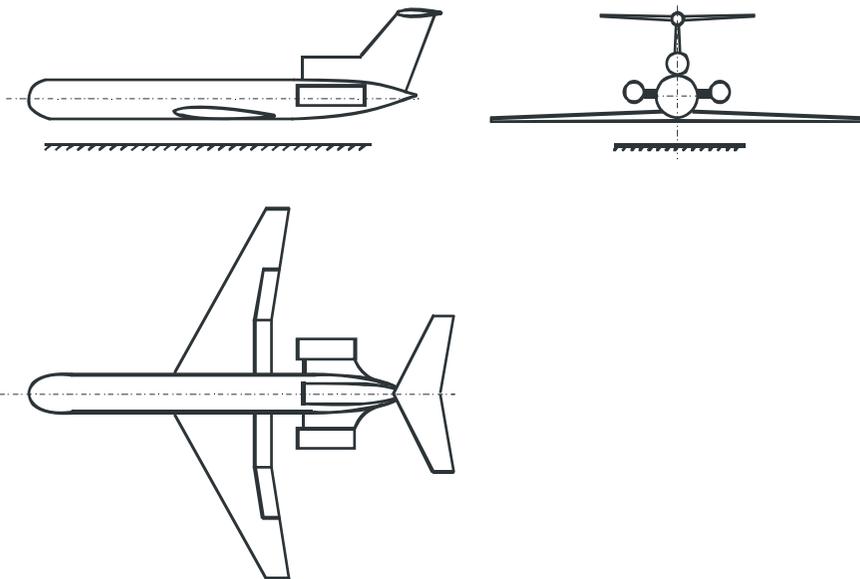
19



Продолжение Табл. 1

1	116	117	118	119	120
2	620	650	690	700	740
3	8000	8500	9000	9500	10000
4	51000	55000	54000	52000	50000
5	155	170	150	160	165
6	33	34	34,88	36	37
7	13	12	11,4	11	12
8	0,6	0,4	0,2	1,2	2,0
9	0,5	1,0	1,5	-0,5	-1,0
10	5,4	5,5	5,2	5,3	5,7
11	16800	16500	170000	17200	17100
12	0,74	0,73	0,75	0,78	0,8
13	1,5	1,15	1,2	1,25	1,16
14	3,0	2,9	2,5	2,4	2,7
15	8	9	10	11	12
16	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)	ДТРД(6)	ДТРД(2,5)	ДТРД(1)
17	3x61000	3x60000	3x65000	3x70000	3x62500
18	0,036	0,045	0,035	0,044	0,059

19



Продолжение Табл. 1

1	121	122	123	124	125
2	480	490	500	520	550
3	6000	6500	7000	7500	8000
4	21000	21500	20000	19000	19500
5	77	70	82	75	85
6	28,5	27	30	29	32
7	16	14,8	14,5	15,6	15,0
8	2	1,75	1,5	1,25	1,8
9	-1,3	-1,0	-1,2	-1,15	-1,05
10	5,7	5,8	5,5	5,35	5,7
11	12000	12400	12500	13000	11800
12	0,63	0,62	0,65	0,63	0,61
13	1,25	1,5	1,4	1,16	1,2
14	3,1	3,0	2,4	2,8	2,5
15	8	9	10	11	12
16	ТВД(2000)	ТВД(3000)	ТВД(5000)	ТВД(5000)	ТВД(6000)
17	2x1600	2x1650	2x1850	2x1500	2x1600
18	0,29	0,3	0,28	0,31	0,3

19

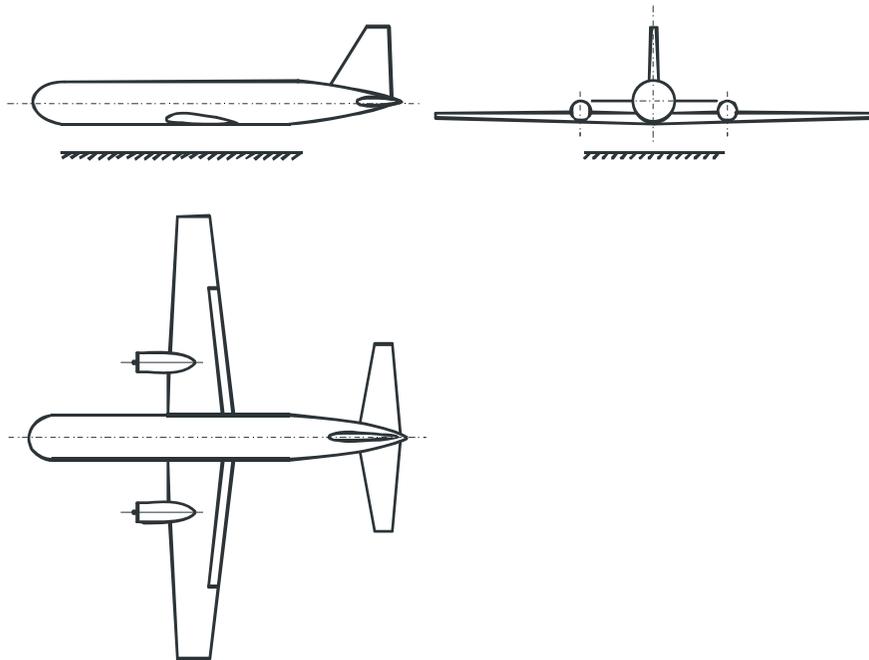


Таблица 2

## Международная стандартная атмосфера

Высота $H$ , м	Температура $T$ , К	Давление $p$ , Па	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Скорость звука $a$ , м/с	Кин. вязкость $\nu$ , м <sup>2</sup> /с
0	289	$1,01 \times 10^5$	1,225	340	$1,46 \times 10^{-5}$
500	285	$9,55 \times 10^4$	1,167	338	1,52
1000	282	8,99	1,112	336	1,58
1500	278	8,46	1,058	334	1,65
2000	275	7,95	1,007	332	1,71
2500	272	7,47	0,957	330	1,79
3000	269	7,01	0,909	328	1,86
3500	265	6,58	0,863	326	1,94
4000	252	6,17	0,819	324	2,03
4500	259	7,77	0,777	322	2,12
5000	256	5,40	0,736	320	2,21
5500	252	5,05	0,676	318	2,28
6000	249	4,71	0,639	316	2,39
6500	245	4,40	0,605	314	2,50
7000	242	4,10	0,571	312	2,61
7500	239	3,82	0,540	310	2,74
8000	236	3,56	0,509	308	2,87
8500	232	3,31	0,480	306	3,01
9000	230	3,07	0,452	304	3,16
9500	226	2,85	0,425	302	3,31
10000	223	2,65	0,414	299	3,53
10500	220	2,45	0,389	297	3,70
11000	216	2,27	0,365	295	3,90
12000	216	1,93	0,301	295	4,51
13000	216	1,65	0,257	295	5,28

### Литература

- 1) Гарбузов В.М., Ермаков А.Л., Кубланов М.С., Ципенко В.Г. Аэромеханика. Учебник для вузов. М.: Транспорт, 2000.- 287 с.
- 2) Жуков А.Я., Егоров В.И., Ермаков А.Л., Журавлев В.Н., Ципенко В.Г. Динамика полета транспортных ЛА. Учебник.- М.: Транспорт, 1996 – 326 с.
- 3) Под ред. Коваленка В.В. Аэродинамика и динамика полета транспортных самолетов. – М.: Изд. ООО «АПР». 2012. – 520 с.

А.Л. Ермаков, М.Г. Ефимова, В.Г. Ципенко

## Аэродинамика (прикладная). Динамика полета

*Учебно-методическое пособие*

В авторской редакции

Подписано в печать 17.09.2018 г.  
Формат 60x84/16 Печ. л. 2,25 Усл. печ. л. 2,09  
Заказ № 346/0622-УМП14 Тираж 80 экз.

Московский государственный технический университет ГА  
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского  
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А  
Тел.: (495) 973-45-68  
E-mail: zakaz@itsbook.ru