

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

С.Н.Лапина

Лабораторные работы по курсу «Авиационная метеорология»

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности 020602 «Метеорология»
и направления 280400 «Прикладная гидрометеорология»

Саратов 2013

Учебно-методическое пособие содержит 4 лабораторные работы по основным разделам курса «Авиационная метеорология»

1. Анализ отклонения фактических параметров атмосферы от стандартных значений.
2. Влияние параметров атмосферы на скорость полета и летно-технические характеристики самолета.
3. Диагноз и прогноз атмосферной турбулентности.
4. Диагноз и прогноз обледенения самолетов.

Цель пособия - приобретение студентами практических навыков метеорологического обеспечения полетов воздушных судов.

Лабораторная работа 1

АНАЛИЗ ОТКЛОНЕНИЙ ФАКТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ ОТ СТАНДАРТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ.

Цель работы: изучить параметры стандартной атмосферы (СА), использовать построенные кривые стратификации для оценки отклонения температуры (Т) и высоты (Н) изобарических поверхностей от их стандартных значений.

Порядок и рекомендации по выполнению работы.

1. На бланке аэрологической диаграммы построить фактическую кривую стратификации для Саратова, по данным таблицы 1, столбцы 1-3. С помощью аэрологической диаграммы, используя стандартную шкалу высот и стандартную стратификацию, выделенную толстой линией, снять значения температуры (T_{CA}) и высоты (H_{CA}) изобарических поверхностей, записав их значения в столбцы 4, 5. Определить отклонения температуры воздуха и высот (ΔT , ΔH) от стандартных значений по формулам: $\Delta T = T_f - T_{CA}$; $\Delta H = H_f - H_{CA}$, вписать их значения в столбцы 6, 7, оценить их значения.

Таблица 1. Данные радиозондирования в Саратове в 0,3 ч. 9 сентября.

Р, гПа	Н км	$T^{\circ}C$	H_{CA}	T°_{CA}	$\Delta H_{км}$	$\Delta T^{\circ}C$
1	2	3	4	5	6	7
990	0,2	10,0				
920	0,8	3,7				
850	1,4	-1,6				
726	2,7	-6,7				
537	5,0	-16,3				
469	6,0	-20,7				
400	7,2	-28,5				
307	9,0	-42,4				
207	11,7	-55,9				
166	13,0	-49,4				

2. На бланке аэрологической диаграммы построить кривую стратификации для тропической (максимальной) и арктической (минимальной) стандартных атмосфер, используя данные таблицы 2, в которой приведены отклонения температуры максимальной и минимальной стандартных атмосфер от обычно-принятой СА. Для этого необходимо рассчитать значения $T_{макс.}$ и $T_{мин.}$ на разных высотах по формулам:

$$T_{макс.} = T_{CA} + \Delta T$$

$$T_{мин.} = T_{CA} + \Delta T$$

Полученные значения занести в соответствующие графы и нанести на бланк диаграммы. Оценить насколько построенные кривые отличны от «обычной» стандартной атмосферы.

Таблица 2. Отклонение температуры воздуха от стандартной для максимальной и минимальной атмосферы на разных уровнях.

Н км	0	1.5	3	5	7	9	11	12	14	16	17
Т _{макс} - Т _{СА} С	15	18	18	17	17	17	20	11	6,5	4,5	4,5
Т _{макс}											
Т _{мин} -Т _{СА} С	-44	-35	-30	-22	-13	-8	+5	+5	+5		
Т _{мин}											

Контрольные вопросы:

1. Чему равна температура воздуха в стандартных условиях?
2. Как изменяется температура воздуха с высотой в стандартной атмосфере?
3. Какая температура воздуха в стандартной атмосфере на высоте 1000 м?
4. Чему равны влажность и ветер в стандартной атмосфере на разных уровнях?

Лабораторная работа 2

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ НА СКОРОСТЬ ПОЛЕТА И ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОЛЕТА.

Цель работы: Оценить влияние температуры на скорость, продолжительность полета, изменение высоты потолка.

Порядок и рекомендации по выполнению.

Рассчитать скорость, время полета высоту потолка самолета Ил-62 на эшелоне 9100 м при отклонении температуры на разных участках маршрута Санкт-Петербург-Новосибирск от стандартной. Расчет проводить по данным карты изобарической поверхности 300 гПа за 0.00 ч. 10 июня, на которой проложить маршрут и оценить его длину (S) в км. Образец карты прилагается. Сначала нужно определить воздушную скорость полета в условиях стандартной атмосферы по формуле: $V_{CA} = M_A \cdot a$, где

V_{CA} - воздушная скорость самолета в СА в км/ч.

M- критерий сжимаемости воздуха (число Маха)- для Ил-62=0,79.

a- скорость звука в воздухе, м/с $a=20,05 \sqrt{T}$.

T- температура воздуха в СА, в K^0 (стандартное значение T_{CA} на высоте полета на всей трассе-43,5 0 C).

Для расчета V_{CA} перевести полученное значение «a» в км/ч.

Расчет оформить в виде таблицы.

Таблица 2.1 Расчет скорости и продолжительности полета Ил-62 в стандартной атмосфере.

трасса	Длина трассы	Температура (Тса)		V _{СА} скорость	Время полета
		⁰ С	⁰ К	V _{СА}	tn _{СА}
	S				

Поскольку фактическая температура по трассе разная (смотри значение t на станциях зондирования по маршруту) необходимо трассу разбить на N участков со средним значением температуры на каждом из участков, определив их длину Si. Рассчитать на каждом участке истинную (фактическую) воздушную скорость полета V_{ист.i} по сравнению с V_{СА} по формуле:

$$V_{\text{ист.i}} = V_{\text{СА}} \sqrt{\frac{T_{\text{фi}}}{T_{\text{са}}}}, \text{ км/ч}$$

Для каждого участка определить продолжительность полета $tn_i = \frac{S_i}{V_{\text{ист.i}}}$

Результаты всех расчетов представить в таблице 2.2 и провести ее письменный анализ.

Таблица 2.2 Расчет скорости и продолжительности полета Ил-62 с учетом фактической температуры

Номер участка, i	Длина участка Si, км	Температура T _{ср. i}		V _{ист.i} Т	tn _i
		T ⁰ ,С	T,К		
1					
2					

На каждом участке трассы определить фактический потолок (Нпф) самолета Ил-62, если в условиях СА высота потолка (Н_{СА}) равна 9000 м. Фактическая высота потолка рассчитывается по формуле:

$$Н_{\text{пф}} = Н_{\text{ПСА}} + K(T_{\text{ф}} - T_{\text{са}}) \text{ м,}$$

где K = -50 м (коэффициент изменения высоты в зависимости от температуры).

Расчеты представить в таблице 2.3 и графически, дать анализ.

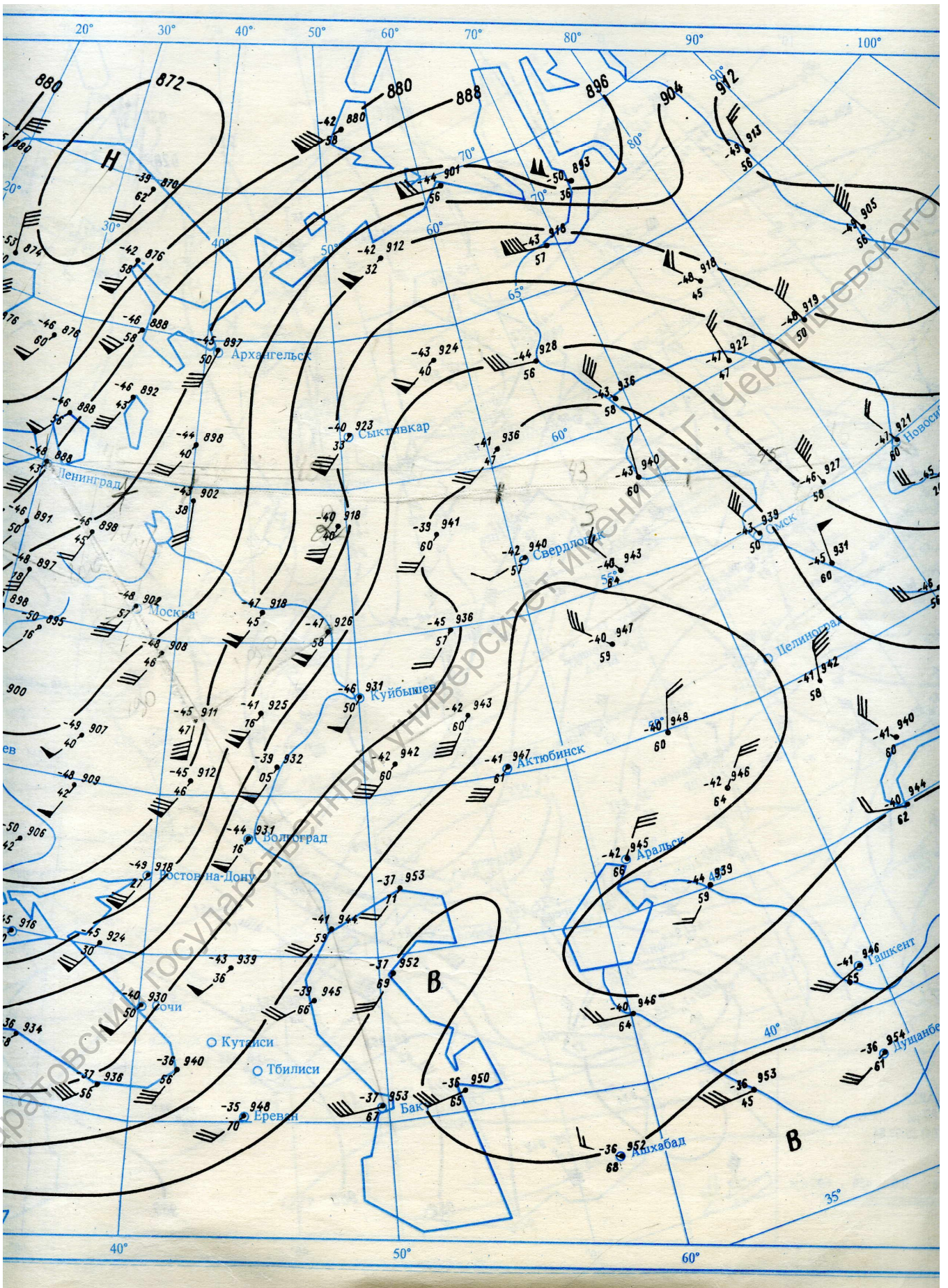
Таблица 2.3 Изменение высоты потолка самолета Ил-62 по трассе....
с учетом температуры

Номер участка, i	$T_{\phi, i} \text{ } ^\circ\text{C(K)}$	$\Delta T_i = T_{\phi i} - T_{CA}$	$\Delta H_i = K \cdot \Delta T_i$	$H_{\phi i} = H_{ca} + \Delta H_i$
1				
2				

$$T_{CA} = -43,5^\circ\text{C}, H_{CA} = 9000\text{м}, K = -50\text{м}$$

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит продолжительность полета?
2. Как влияет отклонение температуры воздуха от стандартной на часовой расход топлива?
3. Какие параметры атмосферы влияют на отклонение потолка самолета от стандартного значения?



Карта погоды АТ 300 за 00(04) 10 июня.

Лабораторная работа 3

ДИАГНОЗ И ПРОГНОЗ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ, ВЫЗЫВАЮЩИЙ БОЛТАНКУ САМОЛЕТА.

Цель работы: приобретение навыков выявления 30 к турбулентности по картам погоды и расчет некоторых критериев, характеризующих турбулентное состояние атмосферы.

В данной работе использован метод комплекса критериев. Расчет критериев проводится по картам барической топографии, на которых нанесены данные температурно-ветрового зондирования. Карты взяты из Учебного авиационного атласа. Суть метода заключается в следующем. Если из шести критериев турбулентности (скорость ветра ≥ 25 м/с, вертикальный градиент скорости ветра ≥ 10 м/с на 1 км, горизонтальный градиент скорости ветра ≥ 5 м/с на 100 км, вертикальный сдвиг направления ветра $\geq 15^\circ$ на 1 км, вертикальный градиент температуры $\geq 7^\circ$ на 1 км, горизонтальный градиент температуры воздуха $\geq 2^\circ\text{C}$ на 100 км) одновременно выполняется не менее трех, то в этом регионе следует указывать болтанку.

Порядок и рекомендации по выполнению работы.

На эшелоне полета 9 км (карта 300гПа) по маршруту Санкт-Петербург – Москва – Мичуринск – Казань определить возможность встречи с турбулентными зонами.

На карте АТ300гПа проложить маршрут полета и на каждом участке определить указанные показатели (табл. 3.1) привлекая карты 400 и 200 гПа за этот же срок для расчета вертикальных градиентов ветра и температуры. Записать полученные показатели в соответствующие графы таблицы и сравнить их с критическими. Сделать заключение на каких участках маршрута следует указывать сильную турбулентность, а следовательно и болтанку. (Рабочие карты взять из учебного Авиационного атласа за 0.0(04)10 июня).

Таблица 3.1 Прогноз атмосферной турбулентности по маршруту Санкт-Петербург – Москва – Мичуринск – Казань на высоте 9 км.

№ п/п	Параметры турбулентности	Номер участка трассы, длина			
		1	2	3	4
1	Скорость ветра, м/с				
2	Горизонтальный градиент скорости ветра, м/с на 100 км				
3	Горизонтальный градиент температуры, $^\circ\text{C}$ на 100 км				
4	Вертикальный градиент скорости ветра, м/с на 1 км				

5	Вертикальный градиент направления ветра, ⁰ на 1 км				
6	Вертикальный градиент температуры, ⁰ С на 1 км				
7	Прогноз болтанки методом комплекса критериев				

Контрольные вопросы:

1. Какая разница между турбулентностью и болтанкой?
2. Причины возникновения турбулентности?
3. Чем опасна интенсивная болтанка самолетов?
4. При каких синоптических ситуациях болтанка наблюдается наиболее часто?

Лабораторная работа 4

ДИАГНОЗ И ПРОГНОЗ ОБЛЕДЕНИЯ

Цель работы: освоить методы расчета диагноза и прогноза обледенения самолетов.

По данным радиозондирования в Саратове (табл.4.1) определить уровень конденсации и слои возможного обледенения самолета разными методами с учетом скорости полета.

Таблица 4.1 Данные температурного радиозондирования атмосферы за 00(03ч) 1 ноября. Саратов

P, гПа	H, км	T ⁰ С	Td ⁰ С
1008	0,00	2,0	-0,2
930	0,78	-2,1	-2,8
900	1,00	-2,8	-3,0
840	1,55	-4,8	-5,3
780	2,12	-5,9	-6,9
700	3,10	-10,0	-11,0
670	3,30	-13,1	-16,6
595	4,25	-15,7	-17,5
560	4,67	-17,3	-19,3
539	5,00	-18,4	-20,7
500	5,65	-20,2	-25,2
400	7,10	-25,2	-36,2

Рекомендации и порядок выполнения.

1. На бланке аэрологической диаграммы (образец аэрологической диаграммы прилагается) для Саратова нанести значения температуры T и точки росы T_d , соединив их соответственно линиями красного и зеленого цвета. Затем по дефициту точки росы $D=T-T_d$ выделить облачные слои. Значения D проставить справа от кривой стратификации температуры T на соответствующих высотах. Облака отмечаются, если $D < 2^{\circ}$ до уровня 700 гПа и $< 3^{\circ}$ выше 700 гПа. Верхнюю и нижнюю границу облачного слоя выделить волнистой линией синего цвета. Зону облачности заштриховать. Определить уровни изотерм 0° , -10° , -20°C . На высотах с соответствующими значениями температуры воздуха вправо от кривой стратификации провести красным цветом выносные линии и подписать значения температуры. В слое между изотермами $0^{\circ} \dots -20^{\circ}\text{C}$ на высотах, где наблюдается облачность, возможно интенсивное обледенение.

2. Определить слои интенсивного обледенения самолетов по методу Годске. Для этого по нанесенным данным зондирования на всех высотах рассчитать температуру насыщения надо льдом $T_{нл}$ по формуле $T_{нл} = -8(T - T_d)$. Полученные значения $T_{нл}$ нанести на соответствующие уровни на тот же бланк аэрологической диаграммы соединив точки линиями синего цвета. Сравнить $T_{нл}$ с фактической T . В тех слоях, где $T_{нл} \geq T$ или $\Delta T = T - T_{нл} = 0$, следует ожидать интенсивное обледенение.

3. На конкретной высоте полета 1500 м и 5000 м определить по аэрологической диаграмме (на пересечении этих высот с кривой стратификации) температуру воздуха T . При заданных разных скоростях полета (500, 700, 900 км/ч) определить кинетический нагрев поверхности самолета в облаках $\Delta T_{кин}$ по табл. 4.2. По формуле $T_n = T + \Delta T_{кин}^{obl}$ рассчитать температуру поверхности самолета T_n и оценить возможность его обледенения при полете в облаках с разной скоростью, T - температура наружного воздуха.

Таблица 4.2 Значение кинетического нагрева самолета при различной скорости полета.

V , км/ч	400	500	600	700	800	900	1000
$\Delta T_{кин}^{obl}$	4	6	8	11	15	19	23

При полете со скоростью V обледенение возможно, если $T_n < 0^{\circ}\text{C}$.
Результаты расчета представить в табл. 4.3

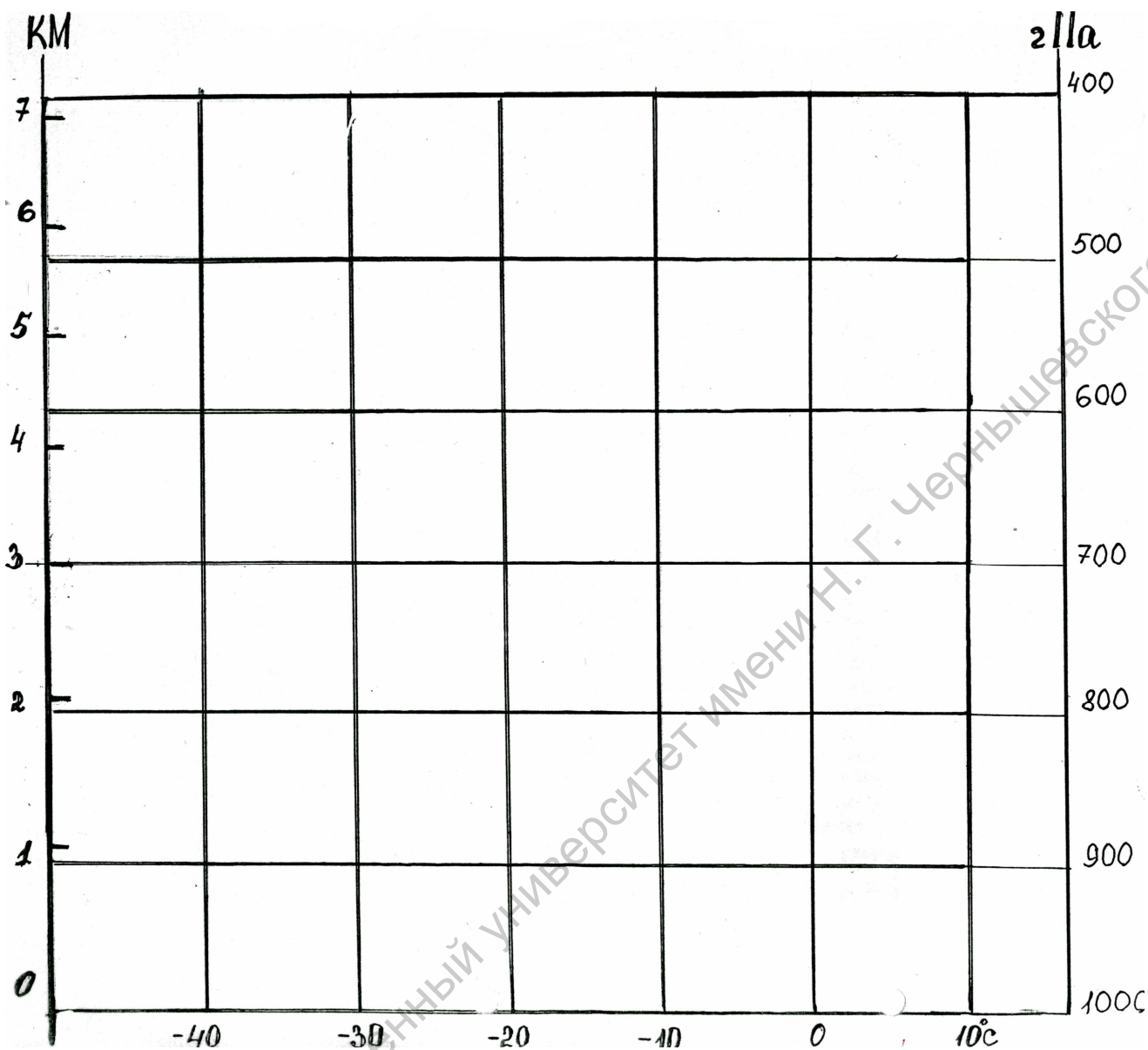
Таблица 4.3 Прогноз обледенения самолетов с учетом кинетического нагрева самолета.

Н полета, м	V, км/ч	$\Delta T_{кин}^{obl}, ^\circ C$	Tn, $^\circ C$	Обледенение (да, нет)
1500	500			
	700			
	900			
5000	500			
	700			
	900			

Обобщив результаты расчетов, сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Что называется обледенением?
2. В какой облачности наиболее интенсивное обледенение самолетов?
3. Как влияет скорость полета на обледенение?
4. Какие формы отложения льда наиболее опасны?



Образец аэрологической диаграммы

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского