ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ,
НОРМЫ И ПРАВИЛА

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗИМУТОВ НА ПУНКТАХ ЛАПЛАСА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕФРАКЦИИ

ГКИНП-01-145-81

(издание официальное)

Москва 1982

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗИМУТОВ НА ПУНКТАХ ЛАПЛАСА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕФРАКЦИИ

ГКИНП-01-145-81

Обязателен для предприятий, организаций и учреждений системы Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР

Утвержден Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР 4 сентября 1981 г.

Москва, ЦНИИГАиК, 1982

УДК 528.286(083.133)

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗИМУТОВ НА ПУНКТАХ ЛАПЛАСА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕФРАКЦИИ.-М.: ЦНИИГАиК, 1982. - 56 с.(ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ,НОРМЫ И ПРАВИЛА)

В РТМ изложен метод, позволяющий впервые учитывать с высокой точностью рефракцию при определении астрономических азимутов на пунктах Лапласа. Дано краткое описание метода, сформулированы дополнительные требования к методике определения азимута земного предмета, изложена новая технология математической обработки результатов его определения, позволяющая практически полностью исключить влияние рефракции. Приведены таблицы необходимых метеорологических элементов, дан пример обработки результатов наблюдений астрономического азимута с учетом влияния рефракции.

Руководящий технический материал разработан на кафедре высшей геодезии МИИГАиК профессором Н.В.Яковлевым и согласован с ЦНИИГАиК; дополняет Инструкцию о построении государственной геодезической сети СССР (М.:Недра, 1966) в части определения азимутов на пунктах Лапласа; предназначен для повышения точности азимутальных определений, исполненных как в прошлые годы, так и вновь выполняемых.

© ГУГК, 1982

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Азимуты Лапласа имеют важное значение при создании государственной геодезической сети и должны определяться с предельно высокой точностью. Одним из существенных источников ошибок при определении азимута земного предмета является боковая рефракция. Средняя квадратическая величина ее влияния на среднее значение азимута из 18-20 приемов при длинах сторон 12-25км равна в среднем 0,6-0,8" ; в отдельных приемах, особенно в ночное время, ошибки из-за рефракции достигают нередко 2-8" и более. Такое влияние рефракции слишком велико и его необходимо исключить возможно полнее из результатов азимутальных определений.

В ясную погоду, когда определяются азимуты земных предметов, боковая рефракция в приземном слое атмосферы испытывает четко выраженный суточный ход и дважды переходит через ноль в моменты вечерней и утренней изотермии воздуха на высоте визирного луча, изменяя при этом всякий раз знаки на противоположные. Под воздействием суточного хода боковой рефракции значения азимута земного предмета, полученные из наблюдений в приемах, также изменяются во времени суток (рис.I). Эти изменения необходимо учитывать как при организации азимутальных определений на пункте, так и при математической обработке их результатов.

Для того чтобы практически полностью исключить ошибки из-за рефракции, необходимо среднее из приемов значение азимута редуцировать к среднему моменту вечерней изотермии воздуха, когда влияние местных полей боковой рефракции равно или почти равно нулю. На отрезке вечерних, ночных и утренних часов наблюдений суточный ход значений азимута в приемах уверенно аппроксимируется параболой второго порядка

$$\mathcal{L}_i = \mathcal{L}' + a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 , \qquad (I)$$

где $\mathcal{L}'$ - приближенное значение азимута, округленное до целого десятка секунд; a_0, a_1, a_2 - коэффициенты, вычисляемые по методу наименьших квадратов из обработки результатов наблюдений азимута в приемах; x_i - время наблюдений в

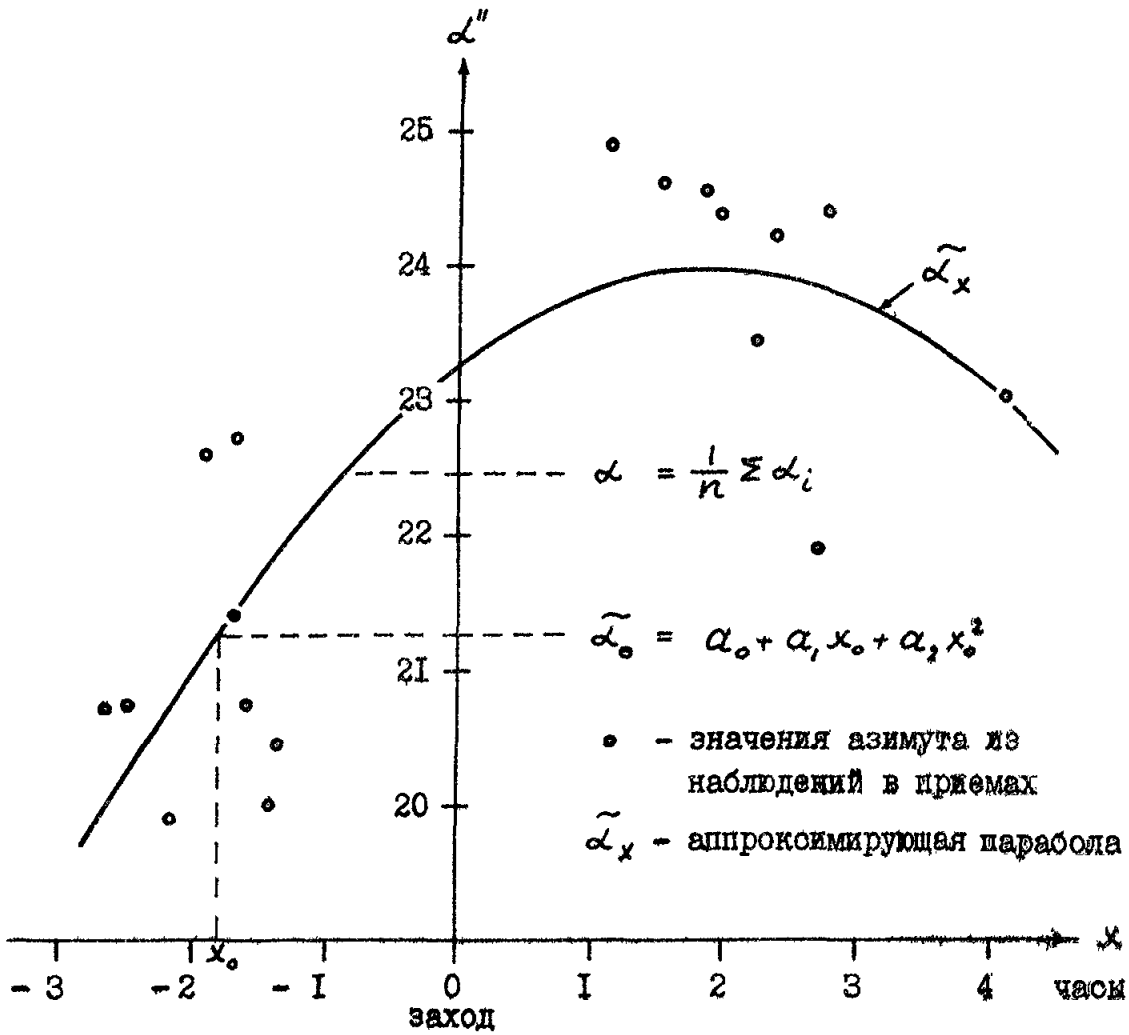

Рис.I. Изменение значений азимута в приемах под воздействием суточного хода боковой рефракции

приемах, отсчитываемое относительно момента захода Солнца ($t_{зах}$) и вычисляемое по формуле

$$x_i = t_i - t_{зах} \quad . \qquad (2)$$

Азимут $\widetilde{\alpha}_o$, исправленный за влияние рефракции, вычисляют по формуле

$$\alpha_o = \alpha' + a_o + a_1 x_o + a_2 x_o^2 \quad , \qquad (3)$$

где x_o - средний момент изотермии воздуха на высоте визирного луча, вычисляемый относительно момента захода Солнца по формуле (6), см. п.4. Для каждой j -ой даты знак при $x_{o,j}$ определяется формулой

$$x_{o,j} = t_{o,j} - t_{зах,j} \quad , \qquad (4)$$

где t_o и $t_{зах}$ - момент изотермии и время захода Солнца соответственно.

Данный метод коррекции астрономических азимутов за влияние рефракции распространяется в настоящее время на территорию между 40-64° северной широты и 30-130° восточной долготы. Применяется в равнинной, холмистой и горной местности при прохождении визирных лучей на высотах не более 600 м (в средней части луча) над земной поверхностью или, что все равно, при эквивалентных высотах визирных лучей не более 300 м. Используется при обработке наблюдений астрономических азимутов как ранее определенных, так и вновь определяемых в период с апреля по октябрь включительно при соблюдении дополнительных требований, приведенных в разделе 2.

Метод разработан профессором Н.В.Яковлевым на кафедре высшей геодезии МИИГАиК и предназначен для повышения точности азимутальных определений в геодезических сетях. Теоретическое обоснование и результаты испытаний метода даны в работе [2] .

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКОГО АЗИМУТА ЗЕМНОГО ПРЕДМЕТА

Для исключения влияния рефракции и получения азимута с высокой точностью необходимо обеспечить возможность редукции

его значения к моменту вечерней изотермии воздуха (x_o).С этой целью в процессе наблюдений должны быть выполнены следующие требования, дополняющие Инструкцию [I]:

2.I. Определение азимута должно начинаться не позднее чем за I час до наступления момента времени t'_o , когда на высоте визирного луча наступает состояние, наиболее близкое к изотермии, и появляются наиболее спокойные и четкие изображения визирных целей[x]. Другими словами, определение азимута должно начинаться не позднее чем за $x'_o + 1$ час до захода Солнца и продолжаться в ночные (утренние) часы при благоприятных условиях наблюдений земного предмета и звезд.

2.2. В течение всех дней работы на пункте до захода Солнца должно быть выполнено не менее восьми приемов определений азимута, из которых не менее четырех приемов должно быть выполнено до момента изотермии. Чем больше будет приемов до захода Солнца, тем меньше будет влияние рефракции на средний результат. При благоприятных погодных условиях разрешается всю программу наблюдений выполнять только в вечерние часы до захода Солнца, причем не менее чем за два дня. Во всех остальных случаях программу наблюдений выполняют не менее чем за три дня.

2.3. Приемы определений азимута должны быть распределены более или менее равномерно на всем отрезке вечерних и ночных часов, в течение которых ведутся наблюдения на данном пункте; интервалы времени между приемами не рекомендуется допускать более 2 часов (целые сутки в расчет не принимаются). За полчаса

---

[x] На данной стадии полевых работ приближенное значение момента времени t'_o можно вычислить для каждой даты полевого сезона по формуле

$$t'_o = t_{зах} - x'_o \qquad (5)$$

как разность момента захода верхнего края диска Солнца ($t_{зах}$) и величины x'_o ,которая берется с графика на рисунке 2 (в часах), по широте пункта и дате наблюдений. Время захода Солнца выписывают из Астрономического ежегодника (АЕ) и для контроля фиксируют по часам, находясь на знаке, причем в одной и той же системе счета времени. Если астропункт находится на командной вершине, то расхождение расчетного и фиксированного моментов захода не превысит нескольких минут.

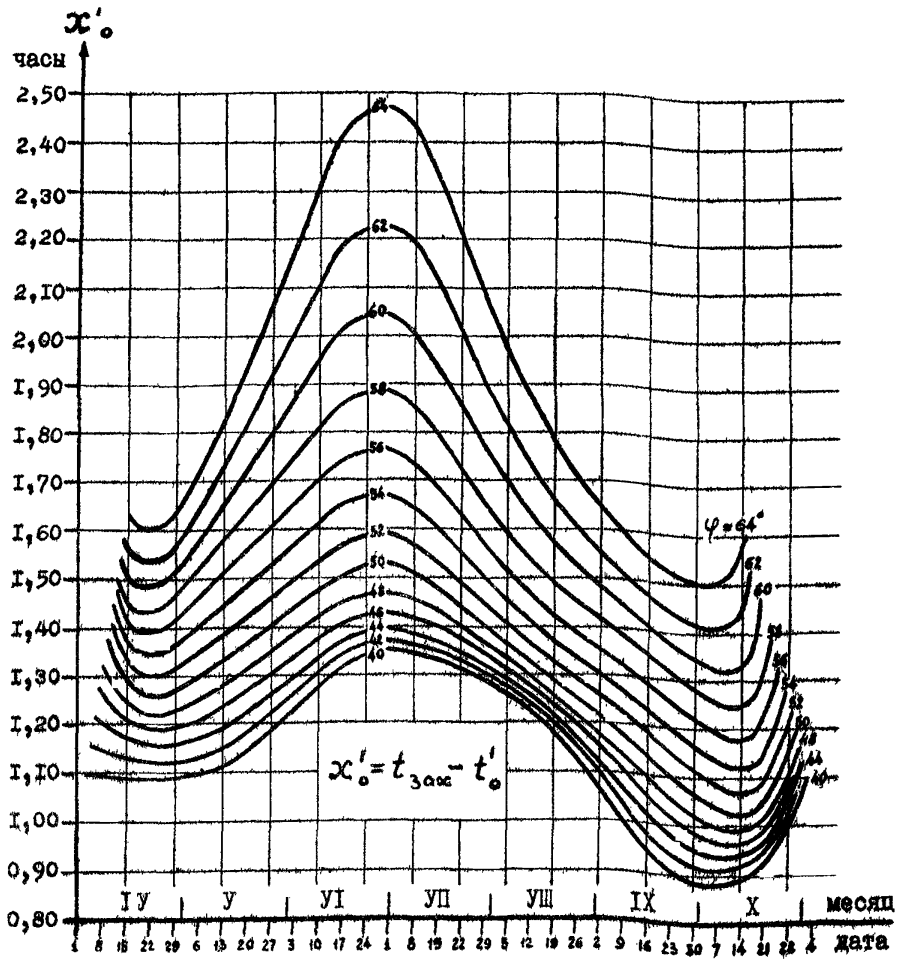

Рис.2. Время становления вечерней изотермии воздуха на высоте 2 м над земной поверхностью, вычисленное для широт 40-64° и долгот 30-130°, относительно момента захода Солнца по многолетним данным

до захода Солнца наблюдения прекращают и возобновляют их через полчаса после захода.

2.4. Значения азимута α_i в приемах не должны отклоняться более чем на 2" в обе стороны от значений $\tilde{\alpha}_i$ параболы второго порядка (I), наилучшим образом аппроксимирующей изменение величины азимута во времени, обусловленное суточным ходом боковой рефракции, т.е. $|\tilde{\alpha}_i - \alpha_i|_{max} = \delta_{max} \leq 2"$.

Разность между наибольшим и наименьшим значениями азимута в приемах не должна превышать 6".

2.5. Перенаблюдение значений азимута по допускам 2.4 следует начинать с приемов, не удовлетворяющих первому допуску $\delta_{max} \leq 2"$. При этом повторный прием по времени его исполнения (целые сутки в расчет не принимаются) не должен отклоняться от основного более чем на $\pm$ 2 часа. В последующую обработку включают среднее из основного и повторного приемов (время наблюдений x_i также осредняют), если это среднее значение азимута отклоняется от соответствующего ему значения $\tilde{\alpha}_i$, вычисленного по формуле (I), не более чем на 2", в противном случае в обработку берут только повторный прием (при соблюдении допуска $\delta_{max} \leq 2"$).

2.6. Для стороны, азимут которой определяют, составляют профиль местности и вычисляют эквивалентную высоту h над ней, руководствуясь указаниями п.4.2. Если эквивалентная высота больше 300 м ($h > 300$ м), то азимут оставляют без изменений и не исправляют за рефракцию.

2.7. Для каждой даты наблюдений азимута определяют на пункте средние суточные значения: температуры T, давления p, упругости водяного пара воздуха e, общей облачности n, а также среднее альбедо A (отражательную способность) подстилающей поверхности между смежными астропунктами, руководствуясь указаниями п. 4.I.

2.8. Азимуты, определенные при снежном покрове, за рефракцию не исправляют.

2.9. Азимуты прошлых лет, не удовлетворяющие требованиям п.п. 2.2 - 2.4 и 2.6, оставляют без изменений. Азимуты, удовлетворяющие этим условиям, исправляют за влияние рефракции.

2.IO. Новые азимуты определяют с учетом требований данного РТМ.

3. СОСТАВЛЕНИЕ СВОДКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗИМУТА

Результаты определений азимута, исполненных в соответствии с приведенными здесь требованиями, обрабатывают сначала по стандартной методике. Для каждого i -го приема наблюдений получают значение азимута α_i и звездное время его определения ϑ_i, которые записывают в сводку результатов определения азимута (табл. I).

В целях редукции азимута к среднему моменту вечерней изотермии воздуха x_o необходимо звездное время определений азимута в приемах перевести сначала в местное среднее солнечное время t_i, а затем для каждой j -ой даты вечерних наблюдений (включая сюда и ночные наблюдения до и после полуночи) перевести его в новую систему счета относительно момента захода Солнца ($t_{зах}$) в эту дату по формуле (2). В журналах азимутальных определений записывают, как правило, сдвоенные даты вечерних и ночных наблюдений азимута, например 25/26 мая. Время захода Солнца ($t_{зах}$) выписывают из Астрономического ежегодника для первой даты, т.е. в данном случае для 25 мая. Для приемов, исполненных после полуночи и утром (в данном случае после 0,0 час 26 мая) время t_i при переводе его в систему x_i по формуле (2) увеличивают на 24 часа. Время t_i и $t_{зах}$ записывают до 1^m, а x_i - до 0,0I ч.

В целях проверки соблюдения требований п.2.I-2.5 результаты определения азимута в приемах (x_i, α_i) наносят на график, опустив при этом градусы и минуты (см. рис.I). По оси абсцисс откладывают время x_i (I час в 20 мм), по оси ординат - значения азимута в приемах α_i (I" в 20 мм). На графике строят плавную кривую второго порядка $\tilde{\alpha}_x$, вычисляемую по формуле (1), коэффициенты которой a_k (K =0,I,2) находят по методу наименьших квадратов, как указано в п.5 и приложении IO.

Прежде чем приступить к вычислению коэффициентов a_k рекомендуется построить данную параболу $\tilde{\alpha}_x$ сначала приближен-

Таблица I

Сводка результатов определения азимута № 66-67

Широта пункта $\varphi = 59^{\circ}27{,}0'$ Длина стороны S = I0,9 км

Дата наблюдений I968 г. j	Время захода Солнца (по АЕ) $t_{зах}$	№№ приемов i	Объект наблюдений φ/r	Местное время наблюдений: звездное s_i	Местное время наблюдений: среднее солнечное t_i	Время наблюдений относительно захода Солнца: в часах и минутах x_i	Время наблюдений относительно захода Солнца: в долях часа x_i	Значения азимута в приемах $\alpha_i = I96^{\circ}I8' +$	v
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
25-26/У	$20^h 5I^m$	I	Ф	$I7^h II^m$	$24^h 55^m$	$+4^h 04^m$	+4,07 ^{h}	23,02"	+ 0,54"
26-27/У	20 53	2	Г	II I5	I8 57	-I 56	-I,93	22,54	+ 0,06
-"-		3	Г	II 30	I9 I2	-I 4I	-I,68	22,7I	+ 0,23
-"-		4	Г	II 48	I9 30	-I 23	-I,38	20,46	- 2,02
-"-		5	Ф	I4 44	22 25	+ I 32	+I,53	24,62	+ 2,I4
-"-		6	Ф	I5 I0	22 5I	+ I 58	+I,97	24,39	+ I,9I
-"-		7	Ф	I5 35	23 I6	+ 2 23	+2,38	24,22	+ I,74
-"-		8	Ф	I5 58	23 39	+2 46	+2,77	24,40	+ I,92
29-30/У	20 58	9	Г	I0 47	I8 I7	- 2 4I	-2,68	20,73	-I,75
-"-		I0	Г	II 45	I9 I5	- I 43	-I,72	2I,40	- I,08

Продолжение таблицы I.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
29-30/У	$20^h 58^m$	II	Г	$I2^h 02^m$	$I9^h 32^m$	$-I^h 26^m$	$-I,43^h$	20,00″	-2,48″
-"-		I2	Ф	I5 20	22 49	+I 5I	+I,85	24,55	+2,07
-"-		I3	Ф	I5 42	23 II	+2 I3	+2,22	23,45	+0,97
-"-		I4	Ф	I6 09	23 38	+2 40	+2,67	2I,88	-0,60
30-3I/У	20 59	I5	Г	II 03	I8 29	-2 30	-2,50	20,74	-I,74
-"-		I6	Г	II 2I	I8 47	-2 I2	-2,20	I9,89	-2,59
-"-		I7	Г	II 57	I9 23	-I 36	-I,60	20,74	-I,74
-"-		I8	Ф	I4 4I	22 06	+I 07	+I,I2	24,92	+2,44
							Среднее	22,48	

$\Sigma v^2 = 54,05$

Среднее из приемов $\alpha = I96^\circ I8' 22,48''$

Сумма поправок, предусмотренных Инструкцией [1] x) $- 3,72''$

Значение азимута из наблюдений $\alpha = I96^\circ I8' I8,76''$

x) За центрировку прибора, редукцию цели, сближение меридианов, колебание полюса высоту над референц-эллипсоидом, неравенство диаметров цапф.

Средние квадратические ошибки азимута:

- из одного приема

$$m = \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{54,05}{18-1}} = 1,78''$$

- из n приемов

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{1,78}{\sqrt{18}} = 0,42''$$

но "на глаз", но так, чтобы возможно полнее соблюдались условия: $\sum \delta^2 = min$ и $\sum(+\delta) = \sum(-\delta)$,где $\delta_i = \tilde{\alpha}_i - \alpha_i$, т.е. чтобы парабола, аппроксимирующая суточный ход значений азимута, возможно ближе подходила к результатам наблюдений в приемах. На этом графике следует показать также и приближенное значение момента изотермии, приняв $x_0 \approx -x_0'$; величину x_0' берут из приложения I.

Построенный таким образом предварительный график позволит:

- проверить соблюдение требований относительно числа выполненных приемов до момента изотермии, до захода Солнца и равномерность распределения приемов на всем отрезке времени вечерних и ночных наблюдений (перерывы рекомендуются не более 2 часов, не считая целых суток);

- выявить приемы, явно не укладывающиеся в допуск $\delta_{max} \leqslant 2''$ и подлежащие повторению.

Используя информацию, доставляемую данным графиком, выполняют необходимые дополнительные измерения и добиваются соблюдения всех требований п.2.I-2.5 на данном этапе работ. Только лишь после этого вычисляют, как указано в п.5, значения $\tilde{\alpha}_i$ аппроксимирующей параболы (I) и окончательно проверяют соблюдение допуска $\delta_{max} \leqslant 2''$; для проверки этого допуска знание момента изотермии воздуха x_0 не требуется (см. последний столбец табл. 5).

4.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СТАНОВЛЕНИЯ ВЕЧЕРНЕЙ ИЗОТЕРМИИ ВОЗДУХА НА ВЫСОТЕ ВИЗИРНОГО ЛУЧА

Средний за все дни определений азимута момент времени x_0, когда влияние боковой рефракции на азимут земного предмета равно или почти равно нулю, вычисляют в часах относительно момента захода Солнца по формуле

$$x_0 = -x_0' + \varepsilon_m' + \varepsilon_h' \ , \qquad (6)$$

где

$$x'_o = \frac{\sum n_j \, x'_{o,j}}{\sum n_j}, \qquad (7)$$

$$\varepsilon'_m = \frac{\sum n_j \, \varepsilon'_{m,j}}{\sum n_j}, \qquad (8)$$

$$\varepsilon'_h = I{,}30\, h\left[I - (0{,}6976 - 0{,}00264\,\varphi)h + 0{,}064h^2\right] \qquad (9)$$

В этих формулах:

$x_{o,j}$ - многолетнее для j -ой даты на широте астропункта значение вечернего момента времени $x'_o = t_{зах} - t'_o$ перехода радиационного баланса через нуль на высоте 2 м над почвой; величины x'_o даны для каждой даты в приложении I и показаны на рисунке 2;

$\varepsilon'_{m,j}$ - поправка (в часах) за метеорологические условия в районе астропункта в j -ю дату определений азимута;

ε'_h - поправка (в часах) за эквивалентную высоту визирного луча над местностью;

n_j - число приемов определений азимута в j -й вечер, включая вечерние и ночные наблюдения (до и после полуночи);

h - эквивалентная высота визирного луча над местностью, выраженная в сотнях метров ($0 < h \leq 3$); при $h > 3$ азимут не исправляют за влияние рефракции;

φ - широта астропункта, выраженная в градусах ($40^0 \leq \varphi \leq 64^0$).

4.I. Вычисление поправок ε'_m за метеорологические условия

Поправки $\varepsilon'_{m,j}$ вычисляют в часах для каждой j -ой даты вечерних наблюдений азимута по формуле

$$\varepsilon'_{m,j} = \Theta\left\{\frac{(273{,}2+T)^4}{(273{,}2+T_o)^4} \cdot \frac{I-0{,}026\,e}{I-0{,}026\,e_o} \cdot \frac{I-A_o}{I-A} \times \right. \qquad (10)$$

$$\left. \times \frac{I-0{,}42\,n\,(n+I)}{I-0{,}42\,n_o(n_o+I)} \cdot \frac{I-(\beta+0{,}38n_o)n_o}{I-(\beta+0{,}38n)n} - I \right\}$$

Здесь величины Θ (час) и сглаженные по широтам и датам многолетние средние суточные значения: температуры воздуха T_0 (^{0}C), упругости водяного пара воздуха e_0 (в мм рт.ст), общей облачности n_0 (в долях единицы) и многолетнего альбедо местности A_0 между смежными астропунктами (в долях единицы) выбирают из приложений I-6 по широте астропункта и дате вечерних определений азимута. Параметр b в (I0) вычисляют по формулам

$$b = 0{,}4I2 - 0{,}002\,(57 - \varphi) \text{ при } 40^0 \leq \varphi \leq 57^0$$
$$b = 0{,}4I2 - 0{,}0I8\,(\varphi - 57) \text{ при } 57^0 \leq \varphi \leq 64^0, \qquad (II)$$

где широта астропункта φ задается до $0{,}I^0$.

Фактические значения средних суточных величин: температуры воздуха T (^{0}C), упругости водяного пара e (мм рт.ст.) и общей облачности n (в долях единицы) запрашивают для каждой j -ой даты вечерних наблюдений азимута с ближайших к астропункту метеостанций, расположенных вокруг него по возможности в диаметрально противоположных направлениях в радиусе до 50 км в закрытой и до I00 км - в открытой (степной, полупустынной) местности. Результаты наблюдений для каждой метеостанции записывают в сводку (приложение 8); значения одноименных элементов осредняют по всем метеостанциям и средние величины подставляют в формулу (I0).

При отсутствии метеостанций в районе работ (это выясняют до выезда на полевые работы) на астропункте измеряют давление воздуха p по барометру-анероиду, температуру по сухому T и смоченному T' термометрам аспирационного психометра (на высоте не ниже 2 м над почвой); определяют общую облачность n в долях единицы ($n = 0{,}0$ - на небе нет ни одного облака; $n = 0{,}5$ - небесная сфера наполовину закрыта облаками; $n = I{,}0$ - пасмурно, все небо закрыто плотными облаками, без просветов). Измерения выполняют в каждую дату азимутальных определений по четыре раза в сутки: I)в момент утренней изотермии воздуха, 2) в местный полдень, 3) в момент вечерней изотермии воздуха и 4) в местную полночь, руководствуясь

указаниями приложения 9. Из четырех значений каждого элемента выводят среднее за сутки.

Упругость водяного пара воздуха e вычисляют в мм рт.ст. по формуле

$$e = E' - \frac{p}{\kappa}(T - T'), \qquad (I2)$$

где давление насыщенного водяного пара E' и коэффициент κ выбирают из приложения 7 по температуре T' смоченного термометра; давление p и величина E' выражены в мм ртутного столба.

Для определения средней величины альбедо местности A записывают в журнале азимутальных определений преобладающий между астропунктами вид подстилающей поверхности, например, хвойный лес, степь, тундра, снег и т.п. Затем по таблице 2 приложения 6 находят среднее альбедо A. Для тех видов подстилающей поверхности, которые не указаны в этой таблице, в формуле (I0) принимают $A = A_0$. При наличии снежного покрова руководствуются указаниями п. 2.8. Пример вычисления поправок $\varepsilon'_{m,j}$ дан в таблице 2.

Таблица 2

Метеорологическая информация для азимута № 66-67 и результаты вычисления поправок $\varepsilon'_{m,j}$

Дата 1969 j	Число приемов n_j	$x'_{o,j}$ (час)	$\frac{T}{T_o}$	$\frac{e}{e_o}$	$\frac{A}{A_o}$	$\frac{n}{n_o}$	b	θ	$\varepsilon'_{m,j}$ (час)
25.У	I	I,76	$\frac{4,2}{9,9}$	$\frac{5,7}{6,I}$	$\frac{0,I2}{0,I8}$	$\frac{0,30}{0,68}$	0,368	I,42	-0,087
26.У	7	I,77	$\frac{9,2}{I0,I}$	$\frac{7,9}{6,I}$	$\frac{0,I2}{0,I8}$	$\frac{0,30}{0,68}$	0,368	I,43	-0,I07
29.У	6	I,80	$\frac{4,3}{I0,8}$	$\frac{5,6}{6,4}$	$\frac{0,I2}{0,I8}$	$\frac{0,30}{0,68}$	0,368	I,45	-0,089
30.У	4	I,82	$\frac{II,5}{II,0}$	$\frac{9,2}{6,5}$	$\frac{0,I2}{0,I8}$	$\frac{0,30}{0,68}$	0,368	I,47	-0,I08

$$x'_o = \frac{\sum n_j x'_{o,j}}{\sum n_j} = I,79 \text{ час}; \qquad \varepsilon'_m = \frac{\sum n_j \varepsilon'_{m,j}}{\sum n_j} = -0,I0 \text{час}$$

4.2. Вычисление эквивалентной высоты визирного луча над местностью

Для вычисления поправки ε'_h за запаздывание момента времени t_o с увеличением высоты визирного луча над местностью необходимо по топографической карте М I:I00 000 построить профиль местности и затем вычислить эквивалентную высоту визирного луча над ней отдельно для прямого и отдельно для обратного азимута. С этой целью начальный и конечный астропункты соединяют на карте прямой линией, которая разбивается на отдельные участки $\Delta\vartheta_i$ по числу наиболее характерных точек излома профиля местности. Эти точки, число которых не следует брать более 30 даже при расстояниях между астропунктами порядка 60 км, совмещают с ближайшими к ним горизонталями и нумеруют их от начального астропункта, которому присваивают нулевой номер (i =0), к другому астропункту на конце линии, которому присваивают номер $i = K$.

При помощи линейки с миллиметровыми делениями измеряют по карте до 0,I км расстояния ϑ_i между начальным астропунктом и каждой i -ой точкой профиля местности, включая второй астропункт. По горизонталям определяют высоты H_i каждой i -ой точки профиля местности, а также высоты начального H_o и конечного H_K астропунктов. Высоту леса и геодезических знаков не учитывают. Результаты измерений записывают в табл.3.

Таблица 3

Информация о профиле местности для азимута № 66-67

№№ точек i	Расстояния от начального пункта ϑ_i (км)	Высоты точек H_i (м)
0	0,0	H_0 = I30
I	I,6	I26
2	3,7	I25
3	6,5	I24
4	8,I	I26
5	9,2	I29
6	I0,9	H_K = I33

Используя информацию о профиле местности (табл.3), вычисляют для прямого азимута эквивалентную высоту визирного луча в метрах по формуле

$$h_{(м)} = \frac{\sum \Delta s_i \, p_i \, \bar{h}_i}{\sum \Delta s_i \, p_i}, \qquad (13)$$

где

$$\left.\begin{aligned} \Delta s_i &= s_i - s_{i-1} \\ p_i &= \left(1 - \frac{d_i}{S}\right) \\ \bar{h}_i &= \frac{1}{2}\left(h_i + h_{i-1}\right) \end{aligned}\right\}, \qquad (14)$$

$$\left.\begin{aligned} d_i &= \frac{1}{2}\left(s_i + s_{i-1}\right) \\ h_i &= \left(H_к - H_н\right)\frac{s_i}{S} + \left(H_н - H_i\right) - v_i \end{aligned}\right\}, \qquad (15)$$

$$\left.\begin{aligned} v_i &= 0{,}067\, s_i^2 && \text{при } s_i \le \frac{S}{2} \\ v_i &= 0{,}067\,(S - s_i)^2 && \text{при } s_i \ge \frac{S}{2} \end{aligned}\right\}. \qquad (16)$$

В формулах (I3)-(I6) обозначено:
h_i - высота визирного луча над местностью в i-ой точке на расстоянии s_i от начального астропункта; S - расстояние между астрономическими пунктами (длина стороны);
v_i - поправка за кривизну Земли и рефракцию; остальные обозначения ясны из формул. В этих формулах расстояния s_i, Δs_i, d_i и S выражают в километрах, а поправки v_i и высоты H, h_i, $\bar{h}_i$ - в метрах.

Пример вычисления эквивалентной высоты визирного луча по формулам (I3)-(I6) дан в таблице 4.

Таблица 4

Вычисление эквивалентной высоты визирного луча для азимута № 66-67

i	ϑ_i км	$\Delta\vartheta_i$ км	d_i км	$\frac{d_i}{S}$	p_i	$\frac{\vartheta_i}{S}$	$(H_к-H_0)\times\vartheta_i/S_м$	H_0-H_i	$-v_i$ м	h_i м	$\bar{h}_i$ м
I	I,6	I,6	0,80	0,07	0,93	0,I5	0,4	4,0	-0,2	4,2	2,I
2	3,7	2,I	2,65	0,24	0,76	0,34	I,0	5,0	-I,0	5,0	4,6
3	6,5	2,8	5,I0	0,47	0,58	0,60	I,8	6,0	-I,4	6,4	5,7
4	8,I	I,6	7,30	0,67	0,33	0,74	2,2	4,0	-0,5	5,7	6,0
5	9,2	I,I	8,65	0,79	0,2I	0,84	2,5	I,0	-0,2	8,3	4,5
6	I0,9	I,7	I0,05	0,92	0,08	I,00	3,0	-3,0	0,0	0,0	I,0

$\Sigma\Delta\vartheta_i$ = I0,9 = S (контроль) $H_к - H_0$ = I33 - I30 = 3 м

$$h_{(м)} = \frac{\Sigma\Delta\vartheta_i p_i \bar{h}_i}{\Sigma\Delta\vartheta_i p_i} = \frac{28,3}{5,5} = 4 \text{ м}.$$

Для обратного азимута эквивалентную высоту визирного луча вычисляют так же, как и для прямого по формулам (I8)- (I6),однако с той разницей, что в таблице 3 нумерацию точек профиля местности делают в обратной последовательности, т.е. снизу вверх, принимая второй астропункт за начальный, а первый - за конечный.

4.3. Вычисление поправки ε'_h за высоту визирного луча над местностью

Выразив эквивалентную высоту визирного луча в сотнях метров

$$h = 0,0I\, h_{(м)} \qquad (I7)$$

и взяв широту астропункта с точностью до $0,I^0$, вычислим по формуле (9) поправку ε'_h за запаздывание момента изотермии с ростом высоты элементарного слоя воздуха над земной поверхностью. Для рассматриваемого азимута № 66-67 широта начального астропункта $\varphi = 59,4^0$; эквивалентная высота визирного луча, выраженная в сотнях метров, h =0,04. С этими данными по формуле (9) получим:

$$\varepsilon'_h = I{,}30\,h\ [\,I - (0{,}6976 - 0{,}00264\,\varphi)\,h + 0{,}064 h^2] = 0{,}05 \text{ часа}$$

4.4. Вычисление среднего момента вечерней изотермии воздуха для азимута № 66-67

Искомый момент времени x_o вычисляют по формуле

$$x_o = -x'_o + \varepsilon'_m + \varepsilon'_h .$$

Подставив в эту формулу найденные выше значения входящих в нее величин, получим

$x_o = -I{,}79 - 0{,}I0 + 0{,}05 = -I{,}84$ часа.

5. ВЫЧИСЛЕНИЕ АЗИМУТА, ИСПРАВЛЕННОГО ЗА ВЛИЯНИЕ РЕФРАКЦИИ

Для вычисления по формуле (3) значения азимута $\tilde{\alpha}_o$, приведенного к моменту изотермии, кроме момента времени x_o, необходимо определить коэффициенты a_o, a_1, a_2. С этой целью для всех значений азимута α_i в приемах, измеренных в моменты времени x_i, составляют уравнения поправок

$$\delta_i = a_o + a_1 x_i + a_2 x_i^2 - l_i , \qquad (I8)$$

где свободные члены равны

$$l_i = \alpha_i - \alpha' , \qquad (I9)$$

α' - приближенное значение азимута, округленное до целого десятка секунд.

От уравнений поправок (I8) переходят к системе нормальных уравнений, которые в матричной форме имеют вид

$$\begin{pmatrix} n & \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 \\ \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_o \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Sigma l_i \\ \Sigma x_i l_i \\ \Sigma x_i^2 l_i \end{pmatrix} \qquad (20)$$

или более кратко

$$X A = L , \tag{21}$$

где

$$X = \begin{pmatrix} n & \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 \\ \Sigma x_i & \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 \\ \Sigma x_i^2 & \Sigma x_i^3 & \Sigma x_i^4 \end{pmatrix}; \quad A = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}; \quad L = \begin{pmatrix} \Sigma l_i \\ \Sigma x_i l_i \\ \Sigma x_i^2 l_i \end{pmatrix};$$

n - число приемов, i - номер приема (i =I,2,..., n).

Умножив обе части уравнения (2I) слева на матрицу $\Theta = X^{-1}$, обратную к матрице X коэффициентов нормальных уравнений, найдем вектор A искомых коэффициентов a_k (k =0,I,2):

$$A = X^{-1} L = Q L , \tag{22}$$

где матрица Q весовых коэффициентов равна

$$Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} \\ Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} \\ Q_{31} & Q_{32} & Q_{33} \end{pmatrix} . \tag{23}$$

Окончательную величину азимута α_0 , исправленного за влияние рефракции, вычисляют с учетом всех поправок по формуле

$$\alpha_0 = \tilde{\alpha}_0 + \Sigma \Delta , \tag{24}$$

где

$$\tilde{\alpha}_0 = \alpha' + a_0 + a_1 x_0 + a_2 x_0^2 , \tag{25}$$

α' - приближенное значение азимута, округленное до целого десятка секунд, x_0 - момент изотермии воздуха, a_k (k =0,I,2)- коэффициенты, вычисляемые по формуле (22); $\Sigma \Delta$ - сумма всех

поправок в азимут, предусмотренных Инструкцией [1].

Среднюю квадратическую ошибку определения азимута α_o вычисляют по формуле

$$m_{\alpha_o} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_o}}}, \qquad (26)$$

где средняя квадратическая ошибка единицы веса равна

$$\mu = \sqrt{\frac{\Sigma \delta_i^2}{n-3}}. \qquad (27)$$

Обратный вес определения азимута вычисляют по формуле

$$\frac{1}{P_{\alpha_o}} = Q_{11} + 2Q_{12}x_o + (Q_{22}+2Q_{13})x_o^2 + 2Q_{23}x_o^3 + Q_{33}x_o^4 \qquad (28)$$

или, что все равно, по формуле

$$\frac{1}{P_{\alpha_o}} = f^* Q f, \qquad (29)$$

где $f^* = (1 \quad x_o \quad x_o^2)$ - транспонированный по отношению к f вектор-строка коэффициентов при определяемых величинах a_o, a_1, a_2 аппроксимирующей параболы (1); Q_{ij} - элементы матрицы Θ весовых коэффициентов (23); x_o - средний для азимута момент изотермии воздуха, когда влияние боковой рефракции равно или почти равно нулю.

В формуле (27) n - число приемов, $i = 1,2,\ldots, n$ - *их номера*, $\delta_i = \tilde{\alpha}_i - \alpha_i$ - *разность вычисленного по формуле* (1) и измеренного значений азимута в приеме.

Для последующей обработки результатов определений конкретного азимута № 66-67 выписывают из сводки (табл.1) время и значения азимута в приемах (x_i , α_i) и составляют таблицу 5, в которой по формуле (19) вычисляют свободные члены l_i уравнений поправок (18). В верхней части этой таблицы приведено значение момента изотермии x_o , приближенное зна-

Таблица 5

Результаты наблюдений и предварительных вычислений азимута № 66-67

x_0 = - I,84 ч α' = I96° I8′I0" $\Sigma\Delta$ = - 3,72"

Приемы	Результаты наблюдений		Предварительные вычисления		
i	x_{i}, час	α_i	$\ell_i = \alpha_i - \alpha'$	$\tilde{\alpha}_i$	$\delta_i = \tilde{\alpha}_i - \alpha_i$
I	2	3	4	5	6
I	+4,07	23,02"	I3,02"	23,07"	+ 0,05"
2	-I,93	22,54	I2,54	2I,I5	- I,39
3	-I,68	22,7I	I2,7I	2I,50	- I,2I
4	-I,38	20,46	I0,46	2I,90	+ I,44
5	+I,53	24,62	I4,62	23,93	- 0,69
6	+I,97	24,39	I4,39	23,96	- 0,43
7	+2,38	24,22	I4,22	23,9I	- 0,3I
8	+2,77	24,40	I4,40	23,82	- 0,58
9	-2,68	20,73	I0,73	I9,94	- 0,79
I0	-I,72	2I,40	II,40	2I,45	+ 0,05
II	-I,43	20,00	I0,00	2I,83	+ I,83
I2	+I,85	24,55	I4,55	23,96	- 0,59
I3	+2,22	23,45	I3,45	23,94	+ 0,49
I4	+2,67	2I,88	II,88	23,85	+ I,97
I5	-2,50	20,74	I0,74	20,25	- 0,49
I6	-2,20	I9,89	9,89	20,74	+ 0,85
I7	-I,60	20,74	I0,74	2I,6I	+ 0,87
I8	+I,I2	24,92	I4,92	23,84	- I,08
				$\Sigma(+\delta)$	7,55
				$\Sigma(-\delta)$	7,56
				$\Sigma\delta^2$	I7,90

чение азимута α' и сумма поправок в азимут $\Sigma\Delta$.

По данным, которые записаны в 2,3 и 4 графах таблицы 5, вычисляют коэффициенты и свободные члены нормальных уравнений (20). В итоге получают следующую систему нормальных уравнений.

$$\begin{pmatrix} 18{,}00 & 3{,}47 & 87{,}11 \\ 3{,}47 & 87{,}11 & 78{,}99 \\ 87{,}11 & 78{,}99 & 638{,}12 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 224{,}66 \\ 94{,}32 \\ 1092{,}12 \end{pmatrix} \qquad (30)$$

В полевых условиях нормальные уравнения (30) решают по схеме Гаусса (см. приложение 10) и находят неизвестные коэффициенты a_k ($k = 0,1,2$):

$$\begin{aligned} a_0 &= 13{,}2638 \\ a_1 &= 0{,}7273 \\ a_2 &= -0{,}1907 \end{aligned} \qquad (31)$$

Элементы Q_{ij} весовой матрицы Q вычисляют на ЭВМ. Для азимута № 66-67 матрица Q имеет вид

$$Q = \begin{pmatrix} 0{,}188 & 0{,}018 & -0{,}028 \\ 0{,}018 & 0{,}015 & -0{,}004 \\ -0{,}028 & -0{,}004 & 0{,}006 \end{pmatrix}. \qquad (32)$$

Прежде чем вычислить по формуле (3) значение азимута $\tilde{\alpha}_0$, приведенного к моменту изотермии x_0, необходимо убедиться еще раз в соблюдении требований п.2.1-2.8, предъявляемых к условиям и результатам определения азимута.

Для азимута № 66-67 имеем: широту $40 < \varphi = 59^0 57' < 64^0$, долготу $30 < \lambda < 130^0$ и эквивалентную высоту визирного луча $h = 4$ м $<$ 300 м; до момента изотермии x_0 выполнено четыре приема, до захода Солнца - 8, что и требуется; перерывы времени наблюдений между приемами, с учетом исключения целых суток и часового перерыва при заходе Солнца, не превышают двух часов (см. рис.1); разница между наибольшим и наименьшим значениями азимута в приемах равна 5,0" при допуске 6"; снежный покров отсутствует.

Остается проверить соблюдение допуска $\delta_{max} \leqslant 2''$. С этой целью в таблице 5 по формуле (I) вычисляют сглаженные за суточный ход рефракции значения азимута $\widetilde{\alpha}_i$ (графа 5) и находят разности $\delta_i = \widetilde{\alpha}_i - \alpha_i$ (графа 6). Из этой таблицы видно, что наибольшая разность $\delta_{14} = I,97'' < \delta_{max} = 2''$. Таким образом, для азимута № 66-67 требования п.2.I-2.8 полностью выполнены.

Подставив в формулу (24) значения входящих в нее величин, вычисленных для азимута № 66-67, найдем исправленное за рефракцию окончательное значение этого азимута;

$$\alpha_o = \alpha' + a_o + a_1 x_o + a_2 x_o^2 + \sum \Delta =$$

$$= I98^0I8'I0'' + II,28'' - 3,72'' = I98^0I8' I7,56''.$$

Средняя квадратическая ошибка единицы веса равна

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-3}} = \sqrt{\frac{I7,90}{I8-3}} = I,09''.$$

Подставив в формулу (28) значения соответствующих элементов Q_{ij} матрицы (82), вычислим при $x_o = -I,84$ час обратный вес определения азимута α_o :

$$\frac{I}{P_{\alpha_o}} = 0,I88+2x0,0I8(-I,84)+(0,0I5-2x0,028)(-I,84)^2 +$$

$$+2(-0,004)(-I,84)^3 + 0,006(-I,84)^4 = 0,I02 .$$

По формуле (26) вычислим среднюю квадратическую ошибку азимута α_o, исправленного за влияние рефракции,

$$m_{\alpha_o} = \mu \sqrt{\frac{I}{P_{\alpha_o}}} = I,09 \sqrt{0,I02} = 0,35''.$$

После учета рефракции азимут направления $\alpha = I96^0I8'I8,76''$, вычисленный традиционным способом (табл.I), уменьшился на I,20" и принял более точное значение $\alpha_o = I96^0I8'I7,56''$.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложения I-7: МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ для вычисления времени становления вечерней изотермии воздуха на территории между 40-64° северной широты и 30-130° восточной долготы

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Многолетние значения величины $x'_{o_j} = t_{зах} - t'_o$ (час) для широт 40–64° и долгот 30–130°

Дата, j		φ = 40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Апрель	6	I,09	I,I5	I,2I	I,28									
	I0	I,09	I,I4	I,I9	I,25	I,30	I,36	I,42						
	I4	I,09	I,I3	I,I8	I,22	I,25	I,3I	I,36	I,39	I,43	I,47	I,52	I,58	I,65
	I8	I,09	I,I3	I,I6	I,20	I,23	I,27	I,3I	I,35	I,39	I,43	I,49	I,54	I,6I
	22	I,09	I,I2	I,I6	I,I9	I,22	I,26	I,30	I,34	I,39	I,43	I,48	I,54	I,60
	26	I,09	I,I2	I,I5	I,I9	I,22	I,26	I,3I	I,35	I,40	I,45	I,50	I,55	I,6I
	30	I,09	I,I2	I,I6	I,20	I,23	I,27	I,32	I,37	I,42	I,47	I,53	I,58	I,65
Май	4	I,09	I,I3	I,I7	I,20	I,24	I,29	I,34	I,39	I,45	I,50	I,56	I,62	I,69
	8	I,I0	I,I4	I,I8	I,22	I,26	I,3I	I,36	I,42	I,48	I,54	I,60	I,67	I,75
	I2	I,II	I,I5	I,I9	I,23	I,28	I,33	I,38	I,44	I,5I	I,57	I,65	I,72	I,80
	I6	I,I2	I,I6	I,2I	I,25	I,29	I,35	I,40	I,46	I,53	I,60	I,69	I,77	I,87
	20	I,I4	I,I8	I,22	I,27	I,3I	I,37	I,42	I,49	I,56	I,64	I,73	I,82	I,94
	24	I,I7	I,20	I,24	I,29	I,33	I,39	I,44	I,5I	I,58	I,67	I,77	I,88	2,02
	28	I,I9	I,23	I,26	I,30	I,35	I,4I	I,46	I,53	I,6I	I,70	I,8I	I,93	2,08

Продолжение приложения I

Дата		φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Июнь	I	I.22	I,26	I,29	I,33	I,37	I,43	I,49	I,56	I,64	I,73	I,85	I,98	2,I6
	5	I,25	I,28	I,3I	I,35	I,40	I,45	I,5I	I,59	I,67	I,77	I,90	2,04	2,24
	9	I,27	I,30	I,33	I,37	I,42	I,47	I,53	I,6I	I,70	I,80	I,94	2,I0	2,30
	I3	I,29	I,32	I,35	I,39	I,44	I,49	I,55	I,63	I,72	I,83	I,98	2,I5	2,36
	I7	I,32	I,34	I,37	I,40	I,45	I,50	I,57	I,65	I,74	I,86	2,0I	2,I8	2,42
	2I	I,33	I,36	I,38	I,42	I,46	I,52	I,58	I,66	I,75	I,87	2,03	2,2I	2,45
	25	I,34	I,37	I,39	I,43	I,46	I,52	I,59	I,67	I,76	I,88	2,04	2,22	2,46
	29	I,34	I,37	I,39	I,43	I,46	I,53	I,59	I,67	I,76	I,88	2,04	2,22	2,47
Июль	3	I,35	I,37	I,39	I,43	I,46	I,52	I,58	I,66	I,75	I,88	2,03	2,22	2,46
	7	I,34	I,36	I,39	I,42	I,46	I,5I	I,57	I,65	I,74	I,86	2,0I	2,20	2,44
	II	I,34	I,36	I,38	I,4I	I,45	I,50	I,55	I,63	I,7I	I,83	I,98	2,I6	2,40
	I5	I,33	I,35	I,37	I,40	I,43	I,48	I,53	I,60	I,68	I,79	I,93	2,II	2,32
	I9	I,32	I,34	I,36	I,39	I,42	I,46	I,5I	I,57	I,65	I,75	I,89	2,05	2,25
	23	I,3I	I,33	I,34	I,37	I,40	I,43	I,48	I,54	I,62	I,7I	I,84	I,99	2,I8
	27	I,30	I,32	I,33	I,36	I,38	I,4I	I,46	I,52	I,59	I,68	I,79	I,93	2,I2
	3I	I,28	I,30	I,3I	I,34	I,36	I,39	I,43	I,49	I,56	I,64	I,75	I,88	2,05

Продолжение приложения I

Дата		φ = 40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Август	4	I,26	I,28	I,30	I,32	I,34	I,37	I,4I	I,46	I,52	I,60	I,70	I,82	I,98
	8	I,24	I,26	I,28	I,30	I,32	I,35	I,39	I,44	I,50	I,57	I,67	I,78	I,93
	I2	I,23	I,24	I,26	I,28	I,30	I,33	I,37	I,4I	I,47	I,54	I,63	I,73	I,87
	I6	I,20	I,22	I,24	I,26	I,28	I,3I	I,34	I,39	I,44	I,5I	I,59	I,68	I,82
	20	I,I8	I,20	I,22	I,24	I,25	I,29	I,32	I,37	I,42	I,49	I,57	I,65	I,78
	24	I,I5	I,I7	I,I9	I,2I	I,23	I,27	I,3I	I,34	I,40	I,46	I,54	I,62	I,73
	28	I,I2	I,I5	I,I7	I,I9	I,2I	I,25	I,29	I,33	I,39	I,45	I,52	I,60	I,70
Сентябрь	I	I,08	I,II	I,I3	I,I6	I,I8	I,22	I,26	I,30	I,36	I,42	I,48	I,56	I,65
	5	I,04	I,07	I,I0	I,I3	I,I6	I,20	I,24	I,28	I,34	I,40	I,46	I,53	I,62
	9	I,00	I,04	I,07	I,II	I,I4	I,I8	I,22	I,27	I,32	I,38	I,44	I,5I	I,60
	I3	0,97	I,00	I,04	I,08	I,II	I,I6	I,20	I,25	I,30	I,36	I,42	I,49	I,57
	I7	0,94	0,98	I,02	I,05	I,09	I,I4	I,I8	I,23	I,28	I,34	I,40	I,47	I,55
	2I	0,92	0,95	0,99	I,03	I,07	I,II	I,I6	I,2I	I,26	I,32	I,38	I,45	I,53
	25	0,90	0,93	0,97	I,00	I,04	I,09	I,I4	I,I9	I,24	I,3I	I,36	I,43	I,5I
	29	0,89	0,92	0,96	0,99	I,02	I,07	I,I2	I,I7	I,23	I,29	I,35	I,42	I,5I

Продолжение приложения I

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Октябрь 3	0,88	0,9I	0,94	0,98	I,0I	I,05	I,I0	I,I6	I,2I	I,27	I,33	I,4I	I,50
7	0,88	0,9I	0,94	0,97	I,00	I,04	I,08	I,I4	I,I9	I,25	I,32	I,4I	I,5I
II	0,88	0,9I	0,94	0,96	0,99	I,02	I,07	I,I2	I,I8	I,25	I,32	I,42	I,53
I5	0,90	0,92	0,94	0,97	0,99	I.02	I,07	I,I2	I,I8	I,25	I,34	I,47	
I9	0,9I	0,93	0,95	0,98	I,00	I,04	I,08	I,I3	I,20	I,28	I,43		
23	0,94	0,96	0,98	I,0I	I,03	I,07	I,I3	I,I9	I,28	I,40			
27	0,98	I,0I	I,03	I,06	I,09	I,I4	I,20	I,28					
3I	I,06	I,09	I,I2	I,I4	I,I6								

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Величины θ (час) для вечернего периода суток для широт 40–64° и долгот 30–130°

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Апрель 6	I,06	I,05	I,09	I,I8									
I0	I,04	I,04	I,08	I,I4	I,I7	I,23	I,30						
I4	I,02	I,03	I,07	I,I0	I,I3	I,I8	I,25						
I8	0,99	I,02	I,05	I,07	I,09	I,I2	I,I9	I,20	I,25	I,27	I,30	I,33	I,37
22	0,99	I,0I	I,04	I,07	I,08	I,I2	I,I8	I,20	I,24	I,27	I,30	I,32	I,37
26	0,98	I,00	I,03	I,06	I,08	I,II	I,I6	I,20	I,23	I,26	I,29	I,3I	I,37
30	0,98	I,00	I,03	I,06	I,09	I,I2	I,I8	I,20	I,24	I,28	I,30	I,33	I,37
Май 4	0,98	I,00	I,03	I,05	I,09	I,I3	I,I9	I,2I	I,26	I,29	I,3I	I,34	I,37
8	0,99	I,0I	I,04	I,06	I,I0	I,I4	I,20	I,23	I,27	I,3I	I,34	I,37	I,39
I2	0,99	I,02	I,05	I,07	I,I2	I,I5	I,2I	I,25	I,28	I,32	I,37	I,40	I,4I
I6	I,00	I,04	I,06	I,09	I,I3	I,I7	I,2I	I,26	I,30	I,34	I,39	I,42	I,45
20	I,0I	I,05	I,08	I,II	I,I4	I,I8	I,2I	I,28	I,32	I,36	I,4I	I,44	I,48
24	I,03	I,06	I,I0	I,I2	I,I6	I,I9	I,24	I,29	I,34	I,37	I,43	I,46	I,50
28	I,05	I,08	I,II	I,I4	I,I7	I,20	I,26	I,29	I,35	I,38	I,45	I,48	I,52

Продолжение приложения 2

Дата		φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Июнь	I	I,09	I,II	I,I3	I,I6	I,I9	I,23	I,26	I,3I	I,36	I,42	I,48	I,5I	I,55
	5	I,I0	I,I3	I,I5	I,I8	I,2I	I,25	I,28	I,33	I,38	I,43	I,50	I,54	I,57
	9	I,I2	I,I5	I,I7	I,20	I,22	I,26	I,29	I,34	I,40	I,44	I,52	I,56	I,59
	I3	I,I5	I,I7	I,I9	I,2I	I,24	I,28	I,32	I,36	I,42	I,47	I,54	I,58	I,6I
	I7	I,I8	I,I9	I,2I	I,23	I,26	I,29	I,34	I,38	I,43	I,49	I,57	I,6I	I,63
	2I	I,I9	I,20	I,22	I,24	I,26	I,30	I,35	I,40	I,44	I,5I	I,58	I,63	I,65
	25	I,20	I,2I	I,23	I,25	I,27	I,32	I,36	I,4I	I,45	I,52	I,59	I,65	I,67
	29	I,2I	I,22	I,24	I,25	I,28	I,32	I,36	I,4I	I,46	I,53	I,60	I,67	I,70
Июль	3	I,22	I,23	I,24	I,26	I,29	I,32	I,37	I,42	I,48	I,54	I,6I	I,69	I,72
	7	I,22	I,23	I,24	I,26	I,29	I,32	I,36	I,4I	I,47	I,53	I,6I	I,69	I,74
	II	I,2I	I,23	I,24	I,26	I,29	I,32	I,36	I,40	I,46	I,52	I,6I	I,68	I,76
	I5	I,2I	I,22	I,23	I,26	I,28	I,3I	I,34	I,39	I,43	I,5I	I,58	I,67	I,75
	I9	I,2I	I,22	I,22	I,25	I,26	I,30	I,33	I,38	I,4I	I,49	I,56	I,65	I,73
	23	I,20	I,2I	I,22	I,25	I,25	I,28	I,32	I,36	I,39	I,47	I,54	I,63	I,72
	27	I,20	I,2I	I,22	I,25	I,25	I,27	I,3I	I,35	I,37	I,44	I,52	I,6I	I,70
	3I	I,I8	I,20	I,2I	I,24	I,24	I,26	I,29	I,33	I,36	I,42	I,49	I,58	1,69

Продолжение приложения 2

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Август 4	I,I7	I,I9	I,20	I,23	I,24	I,25	I,27	I,30	I,34	I,40	I,47	I,56	I,66
8	I,I6	I,I8	I,I9	I,22	I,23	I,24	I,26	I,29	I,34	I,38	I,46	I,54	I,65
I2	I,I5	I,I6	I,I8	I,20	I,22	I,23	I,25	I,28	I,33	I,37	I,45	I,52	I,63
I6	I,I3	I,I5	I,I7	I,I8	I,20	I,23	I,23	I,27	I,32	I,36	I.43	I,5I	I,60
20	I,II	I,I3	I,I6	I,I6	I,I9	I,22	I,22	I,26	I,3I	I,36	I,42	I,50	I,56
24	I,09	I,I2	I,I4	I,I5	I,I7	I,2I	I,2I	I,25	I,29	I,35	I,4I	I,48	I,55
28	I,07	I,I0	I,I2	I,I4	I,I6	I,20	I,20	I,23	I,28	I,35	I,4I	I,47	I,55
Сентябрь I	I,04	I,06	I,08	I,I2	I,I3	I,I7	I,I8	I,22	I,27	I,33	I,39	I,45	I,54
5	I,00	I,03	I,06	I,I0	I,I2	I,I6	I,I7	I,2I	I,26	I,32	I,38	I,44	I,52
9	0,96	I,00	I,04	I,08	I,II	I,I6	I,I6	I,20	I,26	I,3I	I,37	I,43	I,50
I3	0,94	0,98	I,0I	I,05	I,09	I,I3	I,I4	I,I9	I,24	I,30	I,36	I,4I	I,49
I7	0,92	0,95	0,98	I,03	I,07	I,II	I,I2	I,I8	I,23	I,30	I,35	I,39	I,48
2I	0,89	0,93	0,96	I,0I	I,05	I,I0	I,II	I,I6	I,22	I,28	I,34	I,40	I,49
25	0,88	0,9I	0,94	0,98	I,04	I,08	I,I0	I,I5	I,20	I,27	I,33	I,42	I,50
29	0,87	0,90	0,94	0,97	I,02	I,06	I,08	I,I4	I,I9	I,26	I.33	I,42	I,5I

Продолжение приложения 2

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Октябрь 3	0,86	0,89	0,93	0,96	I,00	I,04	I,06	I,I3	I,I8	I,25	I,33	I,42	I,52
7	0,85	0,89	0.92	0,96	0,99	I,03	I.05	I,II	I,I7	I,25	I,33	I.43	I,56
II	0,85	0,89	0,92	0,95	0,98	I,02	I,04	I,09	I,I6	I,24	I,34	I,45	I,59
I5	0,87	0,90	0,93	0,96	I,00	I,02	I,05	I,I0	I,I8	I,27	I,37		
I9	0,88	0,92	0,93	0,97	I,03	I,03	I,06	I,I2	I,20	I,29	I,49		
23	0,92	0,96	0,98	I,02	I,07	I,I0	I,I3	I,20					
27	0,96	I,00	I,03	I,06	I,I0	I,I6	I,20	I,29					
3I	I,05	I,I0	I,I3	I,I5	I,I8								

Многолетняя средняя суточная температура воздуха T_0(°C) для широт 40–64° и долгот 30–130°

Дата		φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Апрель	2	10,4	9,1	7,7	6,3	4,7	3,1	1,3	-0,4	-2,3	-4,4	-6,4	-8,9	-11,4
	6	11,3	10,1	8,7	7,3	5,8	4,3	2,5	0,8	-1,0	-3,0	-5,0	-7,4	-9,9
	10	12,2	11,0	9,7	8,3	6,9	5,4	3,7	2,1	0,3	-1,6	-3,7	-5,9	-8,4
	14	13,1	12,0	10,6	9,3	7,9	6,5	4,9	3,3	1,5	-0,4	-2,4	-4,6	-6,9
	18	14,0	12,9	11,6	10,3	8,9	7,6	6,0	4,5	2,8	0,9	-1,0	-3,2	-5,5
	22	14,8	13,7	12,5	11,2	9,9	8,6	7,1	5,6	4,0	2,1	0,2	-1,8	-4,1
	26	15,6	14,6	13,4	12,2	11,0	9,7	8,2	6,7	5,1	3,3	1,5	-0,5	-2,7
	30	16,4	15,4	14,3	13,1	11,9	10,7	9,2	7,8	6,3	4,5	2,7	0,8	-1,3
Май	4	17,3	16,2	15,1	14,0	12,8	11,6	10,2	8,8	7,4	5,7	3,9	2,0	0,0
	8	18,0	17,0	16,0	14,9	13,7	12,5	11,2	9,8	8,4	6,8	5,1	3,2	1,4
	12	18,8	17,8	16,8	15,7	14,6	13,4	12,2	10,8	9,4	7,8	6,2	4,4	2,6
	16	19,5	18,5	17,6	16,5	15,4	14,2	13,0	11,7	10,4	8,8	7,3	5,6	3,9
	20	20,1	19,2	18,3	17,2	16,2	15,0	13,8	12,6	11,3	9,8	8,3	6,7	5,1
	24	20,8	19,9	19,0	17,9	16,9	15,7	14,6	13,3	12,1	10,8	9,3	7,8	6,3
	28	21,4	20,5	19,6	18,6	17,6	16,5	15,3	14,1	12,9	11,6	10,2	8,8	7,4

Продолжение приложения 3

Дата		φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Июнь	I	22,0	2I,I	20,2	I9,2	I8,2	I7,I	I6,0	I4,8	I3,6	I2,4	II,I	9,8	8,5
	5	22,6	2I,6	20,8	I9,8	I8,8	I7,7	I6,6	I5,5	I4,3	I3,2	I2,0	I0,7	9,5
	9	23,I	22,2	2I,3	20,3	I9,4	I8,3	I7,2	I5,I	I5,0	I4,0	I2,7	II,6	I0,5
	I3	23,6	22,6	2I,8	20,8	I9,9	I8,8	I7,7	I6,7	I5,6	I4,6	I3,4	I2,4	II,3
	I7	24,0	23,I	22,3	2I,2	20,4	I9,3	I8,3	I7,3	I6,2	I5,2	I4,I	I3,I	I2.I
	2I	24,3	23,5	22,6	2I,6	20,8	I9,8	I8,8	I7,8	I6,7	I5,8	I4,7	I3,7	I2,8
	25	24,7	23,9	23,0	22,0	2I,2	20,2	I9,2	I8,2	I7,2	I6,3	I5,3	I4,4	I3,5
	29	25,0	24,2	23,3	22,4	2I,5	20,5	I9,6	I8,6	I7,6	I6,7	I5,8	I4,9	I4,I
Июль	3	25,2	24,4	23,6	22,6	2I,8	20,8	I9,9	I8,9	I8,0	I7,I	I6,2	I5,3	I4,6
	7	25,5	24,6	23,8	22,9	22,0	2I,I	20,2	I9,2	I8,3	I7,4	I6,5	I5,7	I5,0
	II	25,7	24,8	23,9	23,I	22,2	2I,3	20,4	I9,4	I8,5	I7,6	I6,7	I5,9	I5,2
	I5	25,9	25,0	24,I	23,2	22,3	2I,4	20,5	I9,5	I8,6	I7,7	I6,9	I6,I	I5,4
	I9	26,0	25,0	24,I	23,2	22,3	2I,4	20,5	I9,5	I8,6	I7,7	I6,9	I6,I	I5,4
	23	25,9	25,0	24,I	23,2	22,2	2I,4	20,4	I9,4	I8,5	I7,6	I6,8	I6,0	I5,2
	27	25,8	24,9	24,0	23,2	22,I	2I,3	20,3	I9,3	I8,4	I7,5	I6,6	I5,7	I4,9
	3I	25,7	24,7	23,8	23,0	2I,9	2I,I	20,I	I9,I	I8,I	I7,2	I6,3	I5,4	I4,5

Дата	φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Август 4	25,4	24,5	23,5	22,7	21,7	20,8	19,8	18,8	17,8	16,9	15,9	14,9	14,0
8	25,1	24,2	23,3	22,4	21,4	20,4	19,4	18,4	17,4	16,4	15,4	14,4	13,4
12	24,8	23,8	22,9	22,0	21,0	20,0	19,0	18,0	16,9	15,9	14,8	13,8	12,8
16	24,3	23,3	22,4	21,5	20,5	19,5	18,5	17,4	16,3	15,3	14,2	13,2	12,1
20	23,7	22,7	21,9	21,0	20,0	18,9	17,9	16,8	15,7	14,7	13,5	12,5	11,4
24	23,1	22,2	21,3	20,3	19,3	18,2	17,2	16,1	15,0	13,9	12,8	11,7	10,7
28	22,4	21,5	20,6	19,6	18,6	17,5	16,5	15,4	14,2	13,1	11,9	10,8	9,8
Сентябрь 1	21,8	20,9	19,9	18,9	17,9	16,7	15,7	14,6	13,4	12,2	11,1	9,9	8,8
5	21,0	20,1	19,1	18,1	17,1	15,9	14,9	13,7	12,6	11,4	10,1	9,0	7,8
9	21,3	19,4	18,4	17,3	16,3	15,1	14,0	12,9	11,6	10,4	9,2	7,9	6,8
13	19,6	18,6	17,6	16,5	15,4	14,2	13,1	11,9	10,7	9,4	8,1	6,8	5,6
17	18,8	17,8	16,7	15,6	14,6	13,3	12,1	11,0	9,6	8,3	7,1	5,6	4,4
21	18,0	17,0	15,9	14,8	13,6	12,3	11,1	9,9	8,5	7,2	5,9	4,4	3,1
25	17,3	16,2	15,0	13,9	12,7	11,4	10,1	8,9	7,5	6,0	4,7	3,1	1,8
29	16,5	15,4	14,2	13,0	11,8	10,4	9,2	7,9	6,4	4,9	3,5	1,8	0,3

Продолжение приложения 3

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Октябрь 3	I5,7	I4,6	I3,4	I2,I	I0,9	9,5	8,2	6,8	5,3	3,7	2,3	0,5	-I,I
7	I5,0	I3,8	I2,5	II,2	9,9	8,5	7,2	5,7	4,I	2,5	I,0	-0,9	-2,6
II	I4,2	I3,0	II,7	I0,4	9,0	7,6	6,2	4,7	3,0	I,3	-0,3	-2,3	-4,2
I5	I3,3	I2,I	I0,8	9,5	8,I	6,7	5,2	3,6	I,9	0,I	-I,8	-3,7	-5,8
I9	I2,6	II,4	I0,0	8,6	7,2	5,7	4,2	2,5	0,7	-I,2	-3,2	-5,3	-7,5
23	II,8	I0,5	9,2	7,7	6,2	4,7	3,I	I,3	-0,6	-2,5	-4,6	-6,9	-9,4
27	II,0	9,7	8,3	6,8	5,3	3,7	2,0	0,I	-I,9	-3,9	-6,I	-8,5	-II,2
3I	I0,2	8,9	7,5	6,0	4,3	2,7	I,0	-I,0	-3,I	-5,3	-7,7	-I0,I	-I3,I
Ноябрь 4	9,4	8,I	6,6	5,I	3,4	I,7	-0,I	-2,2	-4,3	-6,6	-9,2	-II,9	-I4,9
8	8,7	7,3	5,8	4,2	2,5	0,7	-I,2	-3,4	-5,5	-8,0	-I0,7	-I3,6	-I6,9
I2	7,9	6,5	5,0	3,4	I,5	-0,3	-2,3	-6,8	-6,8	-9,4	-I2,3	-I5,3	-I8,8

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Многолетняя упругость водяного пара воздуха e_o (мм рт.ст.) для широт 40-64° и долгот 30-130°

Дата	У =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Апрель 2	6,6	6,2	5,9	5,4	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,6	2,I	I,6	I,2
6	6,9	6,5	6,2	5,7	5,2	4,7	4,2	3,7	3,2	2,8	2,3	I,8	I,3
I0	7,2	6,8	6,4	5,9	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	I,5
I4	7,4	7,0	6,6	6,2	5,8	5,3	4,8	4,2	3,7	3,2	2,7	2,2	I,7
I8	7,7	7,3	6,9	6,4	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
22	7,9	7,5	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,8	4,3	3,8	3,2	2,7	2,2
26	8,2	7,8	7,4	7,0	6,5	6,0	5,6	5,I	4,6	4,0	3,5	2,9	2,4
30	8,4	8,I	7,7	7,2	6,8	6,3	5,9	5,4	4,9	4,3	3,8	3,2	2,7
Май 4	8,7	8,4	8,0	7,5	7,I	6,6	6,2	5,7	5,2	4,6	4,I	3,5	2,9
8	8,9	8,6	8,2	7,8	7,4	6,9	6,5	6,0	5,5	5,0	4,4	3,8	3,2
I2	9,I	8,8	8,4	8,0	7,6	7,2	6,8	6,3	5,8	5,3	4,7	4,I	3,5
I6	9,3	9,0	8,7	8,3	7,9	7,5	7,I	6,7	6,2	5,6	5,I	4,5	3,8
20	9,6	9,2	8,9	8,6	8,2	7,8	7,4	7,0	6,5	6,0	5,5	4,9	4,2
24	9,7	9,4	9,I	8,8	8,5	8,I	7,7	7,3	6,9	6,4	5,9	5,3	4,7
28	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,3	8,0	7,6	7,2	6,7	6,2	5,7	5,I

Продолжение приложения 4

Дата		φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Июнь	I	I0,I	9,8	9,6	9,3	9,0	8,6	8,3	7,9	7,5	7,0	6,6	6,I	5,6
	5	I0,3	I0,0	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,2	7,8	7,4	7,0	6,5	6,0
	9	I0,5	I0,2	I0,0	9,7	9,4	9,I	8,8	8,5	8,2	7,8	7,4	6,9	6,5
	I3	I0,7	I0,4	I0,2	9,9	9,7	9,4	9,I	8,8	8,5	8,I	7,7	7,3	6,9
	I7	I0,8	I0,6	I0,3	I0,I	9,9	9,6	9,4	9,I	8,8	8,4	8,I	7,7	7,3
	2I	II,0	I0,7	I0,5	I0,3	I0,2	9,9	9,6	9,4	9,I	8,7	8,4	8,0	7,6
	25	II,I	I0,9	I0,7	I0,5	I0,4	I0,I	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,3	8,0
	29	II,3	II,I	I0,9	I0,7	I0,6	I0,3	I0,I	9,9	9,6	9,3	9,0	8,6	8,3
Июль	3	II,4	II,2	II,0	I0,9	I0,7	I0,5	I0,3	I0,I	9,9	9,6	9,3	8,9	8,5
	7	II,5	II,3	II,2	II,I	I0,9	I0,7	I0,5	I0,3	I0,I	9,8	9,5	9,2	8,8
	II	II,6	II,4	II,3	II,2	II,I	I0,9	I0,7	I0,5	I0,3	I0,0	9,7	9,4	9,I
	I5	II,7	II,6	II,5	II,3	II,2	II,0	I0,9	I0,7	I0,5	I0,2	9,9	9,6	9,3
	I9	II,8	II,6	II,5	II,4	II,3	II,I	I0,9	I0,7	I0,6	I0,4	I0,0	9,7	9,4
	23	II,8	II,6	II,5	II,4	II,3	II,2	II,0	I0,8	I0,6	I0,4	I0,I	9,8	9,5
	27	II,8	II,6	II,5	II,4	II,3	II,I	II,0	I0,8	I0,6	I0,3	I0,0	9,7	9 4
	3I	II,8	II,6	II,5	II,3	II,2	II,0	I0,9	I0,7	I0,5	I0,2	I0,0	9,6	9,3

Продолжение приложения 4

Дата	↓40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Август 4	II,7	II,6	II,4	II,2	II,I	I0,9	I0,7	I0,5	I0,3	I0,0	9,8	9,4	9,I
8	II,6	II,4	II,2	II,I	I0,9	I0,7	I0,6	I0,4	I0,I	9,8	9,5	9,2	8,8
I2	II,4	II,3	II,I	I0,9	I0,7	I0,5	I0,3	I0,I	9,8	9,5	9,2	8,9	8,5
I6	II,2	II,I	I0,9	I0,7	I0,5	I0,2	I0,0	9,8	9,5	9,2	9,0	8,6	8,2
20	II,0	I0,8	I0,6	I0,4	I0,2	9,9	9,7	9,4	9,I	8,9	8,6	8,2	7,8
24	I0,7	I0,5	I0,3	I0,I	9,8	9,6	9,3	9,I	8,8	8,5	8,2	7,8	7,5
28	I0,4	I0,2	I0,0	9,7	9,5	9,3	9,0	8,7	8,4	8,I	7,8	7,4	7,I
СентябрьI	I0,I	9,8	9,6	9,4	9,I	8,9	8,6	8,3	8,I	7,8	7,4	7,I	6,8
5	9,7	9,5	9,3	9,0	8,8	8,5	8,2	7,9	7,7	7,4	7,0	6,7	6,3
9	9,4	9,2	8,9	8,7	8,4	8,2	7,9	7,6	7,3	7,0	6,6	6,3	5,9
I3	9,I	8,8	8,6	8,3	8,I	7,8	7,5	7,2	6,8	6,5	6,2	5,9	5,6
I7	8,8	8,5	8,3	8,0	7,7	7,4	7,I	6,8	6,5	6,I	5,8	5,5	5,2
2I	8,5	8,2	8,0	7,7	7,4	7,I	6,8	6,4	6,I	5,7	5,4	5,I	4,7
25	8,2	8,0	7,7	7,4	7,I	6,8	6,5	6,I	5,8	5,4	5,I	4,7	4,3
29	8,0	7,7	7,4	7,I	6,8	6,5	6,2	5,8	5,5	5,I	4,7	4,3	4,0

Продолжение приложения 4

Дата	У =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Октябрь 3	7,7	7,4	7,I	6,8	6,5	6,2	5,9	5,5	5,I	4,8	4,4	4,0	3,6
7	7,5	7,2	6,9	6,6	6,3	5,9	5,6	5,2	4,8	4,4	4,I	3,7	3,2
II	7,2	6,9	6,6	6,3	6,0	5,6	5,3	4,9	4,6	4,2	3,8	3,4	2,9
I5	7,0	6,7	6,4	6,I	5,8	5,4	5,0	4,6	4,3	3,9	3,5	3,I	2,6
I9	6,8	6,5	6,2	5,9	5,5	5,I	4,8	4,4	4,0	3,6	3,2	2,8	2,3
23	6,6	6,3	6,0	5,6	5,3	4,9	4,5	4,I	3,7	3,3	2,9	2,5	2,0
27	6,3	6,I	5,8	5,4	5,I	4,7	4,3	3,9	3,5	3,I	2,7	2,3	I,8
3I	6,2	5,9	5,6	5,2	4,9	4,5	4,I	3,7	3,3	2,9	2,5	2,0	I,6
Ноябрь 4	6,0	5,7	5,4	5,0	4,7	4,3	3,9	3,5	3,I	2,7	2,3	I,8	I,4
8	5,8	5,4	5,I	4,8	4,4	4,0	3,7	3,3	2,9	2,5	2,I	I,6	I,2
I2	5,6	5,2	4,8	4,5	4,I	3,7	3,4	3,0	2,6	2,2	I,8	I,4	I,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Многолетняя общая облачность n_o (в долях единицы) для широт 40-64°и долгот 30-130°

Дата		φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Март	16	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62
	24	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64
Апрель	2	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	6	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	10	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66
	14	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66
	18	0,60	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67
	22	0,58	0,58	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67
	26	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68
	30	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,62	0,63	0,64	0,66	0,67	0,67	0,68
Май	4	0,52	0,54	0,55	0,56	0,58	0,60	0,61	0,62	0,64	0,66	0,67	0,68	0,69
	8	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,67	0,68	0,69
	12	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,69	0,70
	16	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,62	0,64	0,66	0,68	0,69	0,70
	20	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,68	0,69	0,70
	24	0,41	0,44	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,70
	28	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,54	0,57	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70	0,71

Дата		φ=40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Июнь	I	0,37	0,4I	0,45	0,48	0,5I	0,54	0,56	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,7I
	5	0,35	0,39	0,43	0,46	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,7I
	9	0,33	0,37	0,42	0,45	0,49	0,52	0,55	0,58	0,6I	0,64	0,67	0,69	0,7I
	I3	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,5I	0,54	0,58	0,6I	0,64	0,67	0,69	0,7I
	I7	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,60	0,64	0,67	0,69	0,7I
	2I	0,29	0,33	0,37	0,4I	0,45	0,49	0,53	0,56	0,60	0,64	0,67	0,69	0,7I
	25	0,27	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,53	0,55	0,59	0,64	0,67	0,69	0,7I
	29	0,25	0,30	0,35	0,39	0,43	0,48	0,52	0,55	0,59	0,63	0,66	0,68	0,7I
Июль	3	0,24	0,29	0,33	0,37	0,42	0,47	0,5I	0,55	0,59	0,63	0,66	0,68	0,7I
	7	0,23	0,28	0,32	0,36	0,4I	0,46	0,50	0,54	0,59	0,62	0,66	0,68	0,7I
	II	0,22	0,27	0,3I	0,35	0,40	0,45	0,50	0,54	0,59	0,62	0,66	0,68	0,7I
	I5	0,2I	0,26	0,30	0,34	0,39	0,44	0,49	0,53	0,59	0,62	0,66	0,68	0,7I
	I9	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49	0,53	0,58	0,62	0,66	0,68	0,7I
	23	0,I9	0,24	0,28	0,33	0,38	0,43	0,48	0,52	0,57	0,62	0,66	0,68	0,7I
	27	0,I9	0,23	0,28	0,33	0,38	0,43	0,48	0,52	0,57	0,62	0,66	0,68	0,7I
	3I	0,I8	0,22	0,27	0,32	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,68	0,7I

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Август 4	0,I7	0,22	0,27	0,32	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,69	0,72
8	0,I6	0,2I	0,26	0,3I	0,36	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,69	0,72
I2	0,I6	0,2I	0,26	0,3I	0,36	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67	0,70	0,72
I6	0,I5	0,20	0,25	0,30	0,36	0,42	0,47	0,53	0,58	0,63	0,67	0,70	0,72
20	0,I5	0,20	0,25	0,30	0,36	0,42	0,47	0,53	0,58	0,63	0,68	0,70	0,72
24	0,I5	0,20	0,25	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,59	0,64	0,68	0,70	0,73
28	0,I5	0,20	0,25	0,30	0,36	0,43	0,49	0,54	0,60	0,64	0,68	0,70	0,74
Сентябрь I	0,I5	0,2I	0,26	0,3I	0,37	0,43	0,50	0,55	0,6I	0,65	0,69	0,7I	0,74
5	0,I5	0,2I	0,26	0,32	0,38	0,44	0,5I	0,56	0,62	0,66	0,70	0,72	0,75
9	0,I6	0,22	0,27	0,33	0,39	0,45	0,52	0,58	0,64	0,68	0,7I	0,74	0,75
I3	0,I8	0,23	0,28	0,34	0,4I	0,47	0,54	0,60	0,65	0,69	0,72	0,75	0,77
I7	0,I9	0,24	0,30	0,36	0,43	0,49	0,56	0,6I	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78
2I	0,20	0,26	0,32	0,38	0,46	0,52	0,58	0,63	0,68	0,7I	0,74	0,77	0,79
25	0,22	0,28	0,34	0,4I	0,48	0,54	0,60	0,65	0,70	0,72	0,75	0,78	0,80
29	0,23	0,30	0,37	0,43	0,50	0,56	0,62	0,66	0,7I	0,73	0,76	0,78	0,80

Продолжение приложения 5

Дата	φ =40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64°
Октябрь 3	0,25	0,32	0,40	0,45	0,53	0,58	0,64	0,68	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81
7	0,28	0,35	0,42	0,48	0,55	0,60	0,65	0,69	0,74	0,76	0,78	0,80	0,81
II	0,30	0,37	0,45	0,51	0,57	0,62	0,67	0,71	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81
I5	0,32	0,40	0,47	0,53	0,59	0,64	0,68	0,71	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81
I9	0,35	0,42	0,50	0,56	0,61	0,65	0,69	0,72	0,76	0,78	0,79	0,80	0,80
23	0,38	0,45	0,52	0,58	0,62	0,66	0,70	0,73	0,76	0,78	0,79	0,79	0,79
27	0,41	0,46	0,54	0,59	0,64	0,68	0,71	0,74	0,77	0,78	0.79	0.79	0.79
3I	0,44	0,50	0,55	0,60	0,64	0,68	0,71	0,74	0,77	0,78	0,78	0,78	0,78
Ноябрь 4	0,47	0,52	0,57	0,61	0,65	0,68	0,72	0,74	0,77	0,78	0,78	0,78	0,77
8	0,49	0,53	0,58	0,62	0,66	0,69	0,72	0,74	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75
I2	0.5I	0,55	0,59	0,63	0,67	0,70	0,73	0,75	0,77	0,77	0,77	0,75	0.73

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Альбедо местности

Таблица I. Сглаженное по широтам многолетнее альбедо A_0

Широта $\varphi°$	A_0 на I5 число месяца							
	IУ	У	УI	УП	УШ	IX	X	XI
40	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24
42	0,20	0,2I	0,2I	0,2I	0,22	0,22	0,22	0,26
44	0,I9	0,20	0,20	0,20	0,2I	0,2I	0,2I	0,28
46	0,I8	0,I8	0,I8	0,I8	0,I8	0,I9	0,20	0,30
48	0,I7	0,I7	0,I7	0,I7	0,I7	0,I8	0,I9	0,33
50	0,I7	0,I7	0,I6	0,I6	0,I6	0,I7	0,I8	0,37
52	0,I7	0,I6	0,I5	0,I5	0,I5	0,I6	0,I9	
54	0,I9	0,I7	0,I5	0,I5	0,I5	0,I5	0,2I	
56	0,25	0,I7	0,I6	0,I6	0,I6	0,I6	0,25	
58	0,30	0,I7	0,I7	0,I7	0,I7	0,I7	0,28	
60	0,38	0,I8	0,I8	0,I8	0,I8	0,I8	0,32	
62		0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	
64		0,34	0,22	0,22	0,22	0,22	0,52	

Таблица 2. Среднее альбедо А подстилающей поверхности

№№ п/п	Вид подстилающей поверхности	А
I.	Хвойный лес	0,I4
2.	Смешанный лес	0,I6
3.	Лиственный лес, степи, тундра	0,I8
4.	Луга	0,20
5.	Полупустыни	0,25
6.	Пустыни	0,30

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Величины E' и коэффициенты K для вычисления упругости водяного пара воздуха по формуле (I2)

T'	Значения величины E' (в мм рт.ст.)					K
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8°	
0°	4,58	4,65	4,72	4,79	4,85	I509
+ I	4,92	5,00	5,07	5,I5	5,2I	I507
2	5,29	5,37	5,45	5,52	5,60	I506
3	5,69	5,76	5,84	5,93	6,02	I504
4	6,I0	6,I8	6,27	6,36	6,45	I502
5	6,54	6,63	6,73	6,82	6,92	I50I
6	7,0I	7,II	7,2I	7,3I	7,4I	I499
7	7,52	7,6I	7,72	7,83	7,94	I497
8	8,04	8,I5	8,27	8,38	8,49	I495
9	8,6I	8,72	8,84	8,96	9,08	I494
I0	9,2I	9,33	9,46	9,59	9,7I	I492
II	9,85	9,98	I0,II	I0,25	I0,38	I490
I2	I0,52	I0,66	I0,80	I0,94	II,09	I489
I3	II,24	II,39	II,54	II,69	II,84	I487
I4	II,99	I2,I5	I2,3I	I2,47	I2,63	I485
I5	I2,80	I2,96	I3,I3	I3,30	I3,47	I484
I6	I3,64	I3,82	I4,00	I4,I8	I4,36	I482
I7	I4,54	I4,72	I4,9I	I5,I0	I5,29	I480
I8	I5,49	I5,68	I5,88	I6,08	I6,28	I479
I9	I6,49	I6,70	I6,9I	I7,I2	I7,33	I477
20	I7,54	I7,76	I7,99	I8,2I	I8,44	I475
2I	I8,66	I8,89	I9,I3	I9,37	I9,60	I474
22	I9,85	20,09	20,33	20,58	20,83	I472
23	2I,08	2I,35	2I,60	2I,86	22,I3	I470
24	22,40	22,67	22,94	23,22	23,50	I469
25	23,78	24,06	24,35	24,65	24,94	I467
26	25,23	25,53	25,84	26,I5	26,45	I466
27	26,76	27,08	27,40	27,72	28,05	I464
28	28,38	28,7I	29,05	29,39	29,73	I462
29	30,08	30,42	30,78	3I,I4	3I,50	I46I

Продолжение приложения 7

T'	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	K
+ 30°	3I,86	32,23	32,60	32,97	33,35	I459
3I	33,74	34,I2	34,5I	34,9I	35,30	I457
32	35,70	36,II	36,52	36,93	37,35	I456
33	37,77	38,20	38,63	39,06	39,5I	I454
34	39,95	40,39	40,85	4I,30	4I,76	I453
35	42,23	42,69	43,I7	43,65	44,I3	I45I
36	44,62	45,II	45,60	46,II	46,62	I449
37	47,I3	47,64	48,I6	48,69	49,22	I448
38	49,75	50,39	50,84	5I,39	5I,95	I446
39	52,5I	53,08	53,64	54,22	54,8I	I445

Примечание: таблица заимствована из книги Лобачева В.М. "Радиоэлектронная геодезия". - М.: Недра, I980.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Сводка метеорологических данных, запрашиваемых с метеостанций

Астропункт № 45. Широта 53°14′ , долгота 69°08′.

Дата 1940 j	Средние суточные значения				
	температура $T(^{\circ}C)$	упругость водяного пара		общая облачность	
		$e_{мб}$	$e_{мм}$	в баллах n	в долях единицы n
Метеостанция (пост) № 127, φ = 53°19′, λ = 69°22′					
7 августа	16,8	9,7	7,3	2,5	0,25
8	20,0	12,2	9,2	1,2	0,12
9	22,1	10,7	8,0	5,5	0,55
10	25,1	11,1	8,3	5,0	0,50
11	22,2	13,4	10,0	1,2	0,12

Примечания:

1. В метеорологии упругость водяного пара e нередко называют абсолютной влажностью и измеряют ее, как и давление p , в миллибарах (мб). Для выражения $p_{мб}$ и $e_{мб}$ в миллиметрах ртутного столба применяют формулы

$$p_{мм} = 0{,}75\, p_{мб},$$
$$e_{мм} = 0{,}75\, e_{мб}.$$

2. На метеостанциях общую облачность измеряют обычно по 10-балльной шкале. Для перевода ее в доли единицы следует число баллов уменьшить в 10 раз.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Сводка измерения метеорологических элементов на пункте

Пункт № 27. Широта $56^{0}18'$, долгота $87^{0}00'$, часовой пояс № = 6. Анероид № 1085. Психрометр № 843.

Подстилающая поверхность: смешанный лес (A = 0,16).

Дата 1968 j	Летнее время: восход, заход Солнца	Летнее время: сроки измерений	Давление воздуха p (мм рт. ст.)	Температура по термометру: сухому T	Температура по термометру: мокрому T'	Общая облачность n
12 сент.	$7^h 37^m$	$9^h 00^m$	745,1	12,2	10,0	0,40
$x_{0,j}=1^h 18^m$	20 38	14 00	746,4	17,1	16,4	0,25
		19 30	745,8	14,5	13,7	0,40
		2 00	746,0	9,1	7,8	0,30
Среднее			745,8	13,2	12,0	0,34

$$e = E' - \frac{p}{K}(T-T') = 10,52 - \frac{745,8}{1489}(13,2-12,0) = 9,9 \text{ мм рт.ст.}$$

Примечание: аналогичные таблицы метеоданных составляют для каждого дня азимутальных определений.

Расчет сроков измерения метеорологических элементов на пункте

1. Метеорологические элементы, указанные в таблице, измеряют четыре раза в сутки в следующие сроки летнего времени (апрель-сентябрь), вычисляемые для каждой j-ой даты по формулам:

$t_1 = t_{восх,л} + x'_{0,j}$ - время утренней изотермии воздуха,

$t_2 = 12^h + 2^h = 14^h$ - местный полдень,

$t_3 = t_{зах,л} - x'_{0,j}$ - время вечерней изотермии воздуха,

$t_4 = 24^h + 2^h = 2^h$ – местная полночь (начало следующих суток),

где $t_{восх,л}$ и $t_{зах,л}$ – время восхода и захода Солнца в системе летнего времени. Полученные результаты округляют до ближайшего получаса, см. таблицу.

2. Время восхода и захода Солнца выписывают из АЕ в системе местного среднего солнечного времени t и переводят его в систему летнего времени $t_л$ по формуле

$$t_л = t + N + 2^h - \lambda ,$$

где N – номер часового пояса, в котором находится астропункт,

λ – долгота пункта, выраженная в часах.

3. С I октября вводят зимнее время:

$$t_з = t + N + 1^h - \lambda$$

В этой системе счета времени сроки наблюдений находят по формулам:

$$t_1 = t_{восх,з} + x'_{o,j}$$

$$t_2 = 12^h + 1^h = 13^h$$

$$t_3 = t_{зах,з} - x'_{o,j}$$

$$t_4 = 24^h + 1^h = 1^h$$

и затем округляют их до ближайшего получаса.

4. В качестве примера рассчитаем сроки наблюдений для 12 сентября на пункте: $\varphi = 56^\circ 18'$, $\lambda = 87^\circ 00' = 5^h 48^m$, $N = 6$.

Из АЕ находим: $t_{восх} = 5^h 25^m$, $t_{зах} = 18^h 26^m$.

Переходим к летнему времени:

$$t_{восх,л} = 5^h 25^m + 6^h + 2^h - 5^h 48^m = 5^h 25^m + 2^h 12^m = 7^h 37^m,$$

$$t_{зах,л} = 18^h 26^m + 2^h 12^m = 20^h 38^m.$$

По графику на рисунке с определением $\tau'_{\alpha,j} = 1{,}3^h = 1^h18^m$.
С этими данными получим:

$$t_1 = t_{восх,л} + \chi_{\theta,j} = 7^h07^m + 1^h18^m = 8^h55^m \approx 9^h00^m ,$$

$$t_3 = t_{зах,л} - \chi_{\theta,j} = 20^h00^m - 1^h18^m = 19^h20^m \approx 19^h30^m .$$

Сроки наблюдений по летнему времени на данном пункте будут следующие:

$$t_1 = 9^h00^m, \quad t_2 = 14^h00^m, \quad t_3 = 19^h30^m \text{ и } t_4 = 2^h00^m .$$

ПРИЛОЖЕНИЕ IO

Определение коэффициентов a_0, a_1, a_2 из решения нормальных уравнений для азимута № 66–67.

a_0	a_1	a_2	l	Σ	Контроль
+ I8,00	+ 3,47	+ 87,II	- 224,66	- II6,08	
(- I)	- 0,I9278	- 4,83944	+ I2,48III	+ 6,44889	+6,44888
	+ 87,II	+ 78,99	- 94,32	+ 75,25	
	- 0,66895	- I6,79307	+ 43,30995	+ 22,37790	
	+ 86,44I05	+ 62,I9693	- 5I,0I005	+ 97,62790	+97,62793
	(- I)	- 0,7I953	+ 0,590II	- I,I2942	-I,I2942
		+ 633,I2	- I092,I2	- 292,90	
		- 42I,56362	+I087,22859	+56I,76220	
		- 44,75256	+ 36,70326	- 70,24620	
		+ I66,80382	+ 3I,8II85	+I98,6I600	+I98,6I576
		(- I)	- 0,I907I	- I,I9072	-I,I907I
+ I2,48III	+ 0,590II	-0,I907I			
+ 0,92293	+ 0,I3722				
- 0,I402I	+ 0,72733				
+ I3,26383					

a_0 = + I3,2638

a_1 = + 0,7273

a_2 = - 0,I907

Контроль решения уравнений

I8,00 x I3,2638 + 3,47 x 0,7273 - 87,II x 0,I907 - 224,66 = 0,000

3,47 x I3,2638 +87,II x 0,7273 - 78,99 x 0,I907 - 94,32 =-0,003

87,II x I3,2638 +78,99 x 0,7273 -633,I2 x 0,I907 -I092,I2 =+0,003

ЛИТЕРАТУРА

I. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. - М.: Недра, 1966. - 344 с.

2. Яковлев Н.В. Высокоточные угловые измерения и азимутальные определения в нестандартном поле боковой рефракции. Автореферат диссертации. - М.: МИИГАиК, 1971. - 38 с.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общая часть 3
2. Дополнительные требования к методике определения астрономического азимута земного предмета 5
3. Составление сводки результатов определения азимута 9
4. Определение времени становления вечерней изотермии воздуха на высоте визирного луча I2
5. Вычисление азимута, исправленного за влияние рефракции I9

Приложения

I. Многолетние значения величины α'_{o_d} 27
2. Величины θ для вечернего периода суток 3I
8. Многолетняя средняя суточная температура воздуха . 35
4. Многолетняя упругость водяного пара воздуха . . . 39
5. Многолетняя общая облачность 43
6. Альбедо местности 47
7. Величины E' и коэффициенты K для вычисления упругости водяного пара воздуха 48
8. Сводка метеорологических данных, запрашиваемых с метеостанций 50
9. Сводка измерения метеорологических элементов на пункте 5I
I0. Определение коэффициентов a_0, a_1, a_2 из решения нормальных уравнений 54
Литература 55

Корректоры Л.М.Мельникова, В.В.Замаева

Подписано в печать 23.03.82. Изд.№29. Формат 60x90/I6.
Уч.-изд.л.2,7. Заказ 55. Тираж 245. Бесплатно.

ЦНИИГАиК,I254I3, Москва,А-4I3, Онежская,26.

gost.e-ecolog.ru