

*Талымов*

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

---

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Выпуск 45



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ

---

МОСКВА — 1975

Таня нова

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

---

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Выпуск 45

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРОИЗВОДСТВА,  
ОБРАБОТКИ И КОНТРОЛЯ  
РАДИОЗОНДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ



МОСКОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОИЗДАТА

---

МОСКВА — 1975

Утверждено  
ТЕХНИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ ГУГМС

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие . . . . .	3
Указания по критическому контролю наблюдений, проведенных с помощью системы «Метеорит»—РКЗ» . . . . .	5
Проверка точности измерения угловых координат станцией «Метеорит-2», оснащенной радиопрозрачным укрытием . . . . .	10
Уточнение поправок к высоте подъема радиозонда на кривизну Земли и рефракцию радиоволн . . . . .	22
Метод оценки неоднородностей ветра с помощью станции «Метеор» . . . . .	23
Разъяснение некоторых методических вопросов по проведению температурно-ветрового зондирования системой «Метеорит»—РКЗ» . . . . .	31

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Совершенствование системы радиозондирования атмосферы, которое происходит непрерывно, требует, как правило, расширения спектра наблюдений, совершенствования организации и методики проведения и обработки наблюдений.

В настоящее время, особенно учитывая условия комплексной автоматизации наблюдений, актуальными являются вопросы метеорологической обеспеченности наблюдений. Вопросы эти тем более важны, что основные приборы, входящие в систему радиозондирования, такие, как радиолокационные станции, не контролируются органами Комитета стандартов СССР.

В настоящем выпуске Методических указаний ЦАО даны рекомендации по методике критического просмотра подлинных материалов температурно-ветрового зондирования системой «Метеорит»—РКЗ», которые позволяют вести текущий надзор за исправностью приборов, входящих в систему зондирования, за соблюдением методики их эксплуатации, проведения и обработки наблюдений.

В Методических указаниях даны также рекомендации по проверке точности измерения координат станцией «Метеорит-2», оснащенной радиопрозрачным укрытием.

Внедрение радиолокационных станций «Метеорит-2», увеличивших дальность наблюдений до 300 км, обусловило необходимость уточнения поправок к высоте подъема радиозонда на рефракцию радиоволн. Новые поправки, приведенные в Методических указаниях, существенно повысят точность определения высоты подъема при больших скоростях ветра в атмосфере (больших дальностях).

Описываемый в выпуске метод оценки неоднородностей ветра с помощью станций «Метеор» и «Метеорит-2» позволяет в необходимых случаях получать данные не только о скорости и направлении ветра в слоях атмосферы, но и оценивать его неоднородности. Это повышает потенциал использования станций «Метеор» и расширяет в необходимых случаях спектр наблюдений. Эти дополнительные наблюдения в необходимых случаях проводятся на станциях по указанию УГМС.

В выпуске содержится также разъяснение некоторых оказавшихся неясными для работников аэрологических станций методических вопросов по проведению и обработке температурно-ветрового зондирования.

Методические указания составлены М. И. Амировой  
П. М. Грошевым, О. В. Марфенко, Н. А. Семиной.

Раздел «Метод оценки неоднородностей ветра с помощью станции  
«Метеор» составлен В. Д. Решетовым.

Ответственный исполнитель и редактор О. В. Марфенко.

## УКАЗАНИЯ ПО КРИТИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ НАБЛЮДЕНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «МЕТЕОРИТ»—РКЗ»

Решающим фактором для точности аэрологических наблюдений в период автоматизации является точность приборов, входящих в систему зондирования. Необходимая, паспортная, точность всех приборов, составляющих систему зондирования, обеспечивается при условии выполнения правил их эксплуатации, правил установки, настройки, проверки.

Опыт работы показал, что наиболее ответственным звеном в системе радиозондирования «Метеорит»—РКЗ» является радиолокационная станция. Несоблюдение правил подготовки станции к наблюдениям приводит к значительному снижению точности, а нередко и к браку зондирования за длительный промежуток времени.

На аэрологических станциях не всегда удовлетворительно выполняются и контролируются работы, перечень и описание которых даны в гл. 4 «Наставления гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 4, ч. IIIа, 1973, а именно:

- горизонтирование станции,
- ориентирование станции по странам света,
- выставление нуля дальности,
- выставление шкал угла места,
- проверка параллельности электрической оси антенны с оптической осью визира.

Соблюдение указанных в Наставлении (пункты 4.36—4.40) сроков проведения работ по проверке точности радиолокатора в значительной мере гарантирует проведение наблюдений исправным радиолокатором.

За исправное состояние радиолокатора как измерительного прибора непосредственно отвечает инженер по радиолокации аэрологической станции. Инженер-аэролог несет ответственность за соблюдение методики производства и обработки наблюдений. Он обязан регулярно проверять знание и выполнение рекомендаций Наставления по зондированию атмосферы по подготовке приборов, проведению и обработке наблюдений каждым техником аэрологической станции. Наряду с регулярной практической проверкой инженер-аэролог станции обязан проводить критический контроль подлинных материалов каждого наблюдения. Этот контроль осуществляется с целью выявления не только методических

ошибок в проведении конкретного зондирования, но и текущего контроля за состоянием радиолокационной станции. Обо всех замеченных при контроле отклонениях от нормы в работе радиолокационной станции инженер-аэролог сообщает инженеру по радиолокации для выяснения и устранения их причин.

Ниже приводится порядок и методика критического контроля каждого наблюдения, проводимого с помощью системы «Метеорит»—РКЗ».

Выборочный контроль подлинников наблюдений по предлагаемой методике в ГМО позволяет осуществлять текущий надзор за работой аэрологических станций, за соблюдением методики наблюдений, техническим состоянием радиолокатора.

1. Просматривают результаты контрольной поверки радиозонда, на основании чего устанавливается соблюдение методики контрольной поверки, правильность определения критериев, характеризующих пригодность радиозонда к зондированию атмосферы.

Контролируется согласованность показаний стрелочных приборов РЛС и печати частоты на ленте.

Просматривают запись отсчетов по метеорологическим приборам, наблюдения за ветром, облачностью в момент выпуска радиозонда с точки зрения правильности и своевременности проведения наблюдений и согласованности метеопараметров у земли и в нижнем слое зондирования.

2. Просматривают результаты печати координат и частот метеоданных на ленте регистрации РЛС. Обращают внимание на взаимосвязь изменения угловых координат и наклонной дальности во времени, очередность и правильность регистрации значений частоты. Пропуск в измерении наклонной дальности в течение длительного времени в начале подъема свидетельствует либо о плохом техническом состоянии РЛС, либо о слабых навыках в работе операторов. Аномалии в ходе координат, разброс частот свидетельствуют о ненормальной работе радиолокационной станции.

Обращают внимание, как часто и при каких условиях наблюдается разброс частот метеоданных. Разброс, систематически возникающий при одних и тех же условиях, свидетельствует о неисправности РЛС. Например, разброс малых или больших частот говорит о неисправности приемной системы МТ-32 станции, в частности селектора или мультивибратора схемы формирования импульсов счета. В станции «Метеорит-2» к разбросу частот метеоданных может привести также неисправность или неправильная настройка параметрического усилителя. Разброс частот, систематически возникающий при одном и том же меньшем максимального значения удалении радиозонда от станции, может быть следствием неисправности как приемной системы, так и антенного коммутатора (разрядной камеры).

3. Проверяют правильность выбора (в соответствии с рекомендациями п. 8.18 Наставления) точек регистрации частот для расшифровки показаний температуры и влажности.

4. Проверяют правильность выбора особых точек температуры и влажности. Особенно обращают внимание на правильность выбора особых точек в приземном слое.

Проверяют правильность введения радиационных поправок.

Правильность построения кривых температуры, влажности, высоты проверяют, просматривая график обработки радиозонда.

5. Анализируют кривую высоты подъема радиозонда. Анализ позволяет выявить:

а) систематическую ошибку в измерении наклонной дальности,

б) систематическую ошибку в измерении вертикального угла,

в) случайные ошибки в измерении наклонной дальности и вертикального угла.

а). Систематическую ошибку в измерении наклонной дальности определяют по излому кривой высоты в первой точке на графике радиозонда. Если такой излом наблюдается систематически, причем больший при больших значениях вертикального угла, то это дает основание предполагать, что на станции неправильно выставлен нуль дальности. Примерная величина этой ошибки может быть определена следующими приемами.

— Экстраполируют кривую высоты по ходу первых точек до пересечения с осью ординат (осью высоты).

— Определяют величину ошибки в вычислении высоты первой точки. Для этого определяют разность высот между значением высоты в точке пересечения кривой высоты с осью ординат и высоты станции над уровнем моря. Для более точного определения ошибки в высоте первой точки рекомендуется высоту первых точек вычислить через 0,5 мин и их нанести на график, увеличив в 2 раза масштаб шкалы времени (1 см = 1 мин).

— Находят по ленте регистрации величину вертикального угла для того момента, для которого вычислена первая точка высоты (точка излома).

— Вычисляют систематическую ошибку в измерении наклонной дальности по формуле

$$\Delta D = \frac{\Delta H}{\sin \delta},$$

где  $\Delta D$  и  $\Delta H$  — ошибки наклонной дальности и высоты соответственно.  $\delta$  — вертикальный угол для точки излома кривой высоты.

Предполагается, что найденная величина систематической ошибки в измерении наклонной дальности соответствует ошибке в выставлении нуля дальности. Это необходимо проверить на станции и неисправность устранить.

Если зондирование проведено с помощью станции «Метеорит-2», аналогичным способом необходимо убедиться в том, что нуль дальности выставлен по сигналу магнетронного передатчика. При этом в отличие от описанной выше методики кривую высоты экстраполируют по ходу первых точек, полученных при работе магнетронного передатчика.

Если при переходе работы с маломощного передатчика на магнетронный на кривой высоты наблюдается излом, то это может указывать на то, что время задержки зондируемого импульса маломощного передатчика подобрано неправильно. Вследствие этого показания наклонной дальности по маломощному и магнетронному передатчику не согласуются. Это неизбежно приводит к ошибке в скорости ветра, выражающейся в скачке скорости на участке перехода работы от маломощного к магнетронному передатчику. Чем больше скорость ветра, тем ошибка больше.

Сделанные предположения на основании анализа графика высоты нуждаются в проверке на станции и срочном устранении недостатка.

б). Систематическая ошибка в измерении вертикального угла, как правило, бывает вследствие неправильного выставления нуля шкалы вертикального угла. Эта ошибка искажает высоту подъема радиозонда, что приводит к ошибкам в распределении всех метеоэлементов по высоте, в высоте и температуре изобарических поверхностей.

Функциональная зависимость ошибки в высоте подъема, обусловленной систематической ошибкой в измерении вертикального угла, представляется известной формулой

$$\Delta H = D \Delta \delta \cos \delta,$$

где  $D$  — наклонная дальность;  $\delta$ ,  $\Delta \delta$  — вертикальный угол и систематическая ошибка в его измерении, выраженная в радианах.

Как видно из формулы, чем больше скорость ветра, т. е. чем больше наклонная дальность, тем больше будет искажена высота подъема радиозонда. Знак ошибки в высоте совпадает со знаком систематической ошибки угла.

Таблица 1

Уровень, мбар	Ошибка		
	в высоте подъема, м	в температу- ре, °С	в высоте изоба- рической поверх- ности, м
700	240	1,6	9
500	415	2,7	27
300	720	4,7	78

В табл. 1 приведены расчетные значения ошибки в высоте подъема на уровнях изобарических поверхностей 700, 500 и 300 мбар, а также в значениях температуры на этих уровнях и в высотах изобарических поверхностей, обусловленные систематической ошибкой в измерении вертикального угла, равной  $0-20 \text{ ду} = 0,02 \text{ рад}$ . Расчет сделан в предположении, что вертикальная скорость подъема 300 м/мин, средняя скорость ветра 20 м/с.

Ошибка в высоте подъема рассчитана по формуле

$$\Delta H = vt \Delta \delta,$$

где  $v$  — средняя скорость ветра,  $t$  — время,  $\Delta \delta$  — систематическая ошибка вертикального угла в радианах,  $\Delta H$  — ошибка в высоте подъема,

Ошибка в температуре рассчитана по формуле

$$\Delta t = \Delta H \gamma,$$

где  $\gamma$  — вертикальный градиент температуры, равный  $0,0065^\circ\text{C}/\text{м}$ .

Ошибка в высоте изобарической поверхности  $H_p$  рассчитана по формуле

$$\Delta H_p = \frac{H_p}{273} \cdot \frac{\Delta t}{2}.$$

Как видно из табл. 1, систематическая ошибка в измерении вертикального угла, равная  $0$ — $20$  ду, при средней скорости ветра  $20$  м/с исказит (в сторону увеличения) высоту подъема на уровнях  $500$  и  $300$  мбар соответственно на  $415$  и  $720$  м, что приведет к ошибке в определении температуры на этих уровнях на  $2,7$  и  $4,7^\circ$  и к ошибке в высоте изобарических поверхностей  $500$  и  $300$  мбар на  $27$  и  $78$  м и, следовательно, к браку зондирования на картах барической топографии. Уровень тропопаузы исказится примерно на  $720$  м.

Ошибки в высоте подъема радиозонда неизбежно повлияют на величины вертикальной скорости и вертикального градиента в слоях тропосферы.

Наглядно ошибка в высоте подъема, обусловленная систематической ошибкой измерения вертикального угла, видна в искажении угла наклона кривой высоты. Угол наклона (по отношению к оси времени) больше при положительной ошибке и меньше при отрицательной (по сравнению с углом наклона кривой, вычисленной при отсутствии систематической ошибки вертикального угла).

Выявлению систематической ошибки в измерении вертикального угла помогает следующий анализ.

— Сравнение высоты тропопаузы, получаемой по результатам зондирования на данной станции и на соседних в одни и те же сроки.

— Просмотр значений вертикального градиента температуры и вертикальной скорости подъема радиозонда.

— Просмотр карт барической топографии для выявления систематической ошибки в высоте и температуре изобарических поверхностей.

Причина систематической ошибки в измерении вертикального угла должна быть выявлена на станции и устранена. Ею, кроме неправильно выставленного нуля шкалы вертикального угла, может быть также разгоризонтирование станции. В этом случае величина систематической ошибки в измерении вертикального угла будет изменяться с изменением азимута.

в). Наличие случайных ошибок в измерении вертикального угла и наклонной дальности определяют по разбросу точек кривой высоты. Выяснить причину ошибок в таких случаях помогает анализ хода (лучше графически) вертикальных углов и наклонной дальности.

Надо иметь в виду, что причиной искажения результатов измерений угловых координат может быть и наличие местных предметов, например растущие вблизи РЛС высокие деревья и др.

При обнаружении аномалий, указанных в пунктах 4а и 4б, для уточнения их причины и принятия решения об использовании зондирования должны быть особенно внимательно проанализированы карты барической топографии с точки зрения согласованности результатов зондирования на данной станции с соседними.

6. Проверяют соблюдение правил вычисления давления на заданных уровнях и высот изобарических поверхностей.

7. Просматривают данные ветровых наблюдений. Обращают внимание на ход полученных значений скорости и направления ветра с высотой, их взаимосвязь с изменениями координат, согласованность ветра у земли и в первом слое обработки. Резкие скачки в ходе скорости и направления ветра подвергаются анализу. При этом выявляются участки наблюдений с аномалией в ходе координат, свидетельствующие о ненормальной работе радиолокационной станции. Например, скачки в скорости ветра могут быть следствием ошибок в измерении наклонной дальности на участке наблюдения, где радиозонд был потерян по наклонной дальности. Ветер на таком участке должен быть получен путем обработки по данным угловых координат и высоты, снятой с кривой, или по вычисленной наклонной дальности (п. 9.10 Наставления, вып. 4, ч. IIIа).

8. Проверяют правильность выбора особых точек ветра, уровня максимума и наибольшей скорости ветра, уровня обращения ветра, среднего ветра в слое.

#### **ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ СТАНЦИЕЙ «МЕТЕОРИТ-2», ОСНАЩЕННОЙ РАДИОПРОЗРАЧНЫМ УКРЫТИЕМ**

(дополнение к гл. 4 Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 4, ч. III-а, 1973)

Установка на антенну станции радиопрозрачного укрытия (РПУ) делает невозможным использование визира для выполнения таких важных операций, как проверка выставления шкал угловых координат по миру и проверка точности сопровождения цели антенной.

В настоящих указаниях изложена методика проверки точностных характеристик радиолокационной станции, позволяющая после установки РПУ обойтись без применения визира.

До установки на антенну радиолокационной станции РПУ в соответствии с рекомендациями, изложенными в гл. 4 Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 4, ч. III-а, 1973,

выполняют следующие операции: станцию устанавливают по уровням, производят проверку и настройку всех ее систем в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации, проверяют согласование электрической оси антенны с оптической осью визира, станцию по миру ориентируют относительно севера, проверяют выставление и при необходимости выставляют шкалы угла места. Дополнительно определяют показания нормально выставленных шкал угла места и азимута при установке антенны в фиксированные положения: по углу места — с помощью отвеса и по азимуту — наводкой антенны на местный предмет или на установленный в строго определенном месте радиозонд по методике, изложенной ниже.

После установки РПУ в процессе эксплуатации станции проверки точностных характеристик состоит из следующих операций.

1. Проверки системы управления антенной (в том числе фазирование ГОНа) и системы передачи и регистрации.
2. Проверки горизонтирования антенной колонки.
3. Проверки сохранности выставления шкал угла места с помощью отвеса.
4. Проверки сохранности выставления шкал азимута по местному предмету или радиозондовому передатчику.
5. Определение суммарной (систематической и случайной) ошибки измерения станцией угловых координат цели посредством проведения сравнительных наблюдений.

#### *Проверка системы управления антенной и системы передачи и регистрации*

Проверку и настройку систем управления антенной и передачи и регистрации осуществляют в соответствии с методикой и в сроки, указанные в заводской инструкции по эксплуатации радиолокационной станции.

При проверке фазирования ГОНа пользуются приборами блока МТМ-75 «ошибка пеленга». В связи с невозможностью воспользоваться визиром для непосредственного наблюдения за летящим радиозондом проверка фазирования ГОНа по приборам должна выполняться особенно тщательно. Дополнительно качество фазирования ГОНа проверяют по поведению шкал угловых координат блока МТМ-62. При правильном фазировании шкалы вращаются плавно, не изменяя направления вращения. Если антенна при сопровождении радиозонда совершает вращательное движение, шкалы угловых координат движутся, непрерывно изменяя направление. В этом случае необходимо повторить фазирование ГОНа в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации станции. Проверять фазирование ГОНа по поведению шкал угловых координат можно лишь после удаления радиозонда на расстояние порядка пяти километров. На первых минутах после выпуска раскачивание радиозонда под оболочкой дает такой же эффект в поведении шкал, как неправильное фазирование ГОНа.

## *Проверка горизонтирования антенной колонки*

Проверка горизонтирования антенной колонки осуществляется по методике и в сроки, указанные в Наставлении гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 4, ч. III-а, 1973.

### *Проверка сохранности выставления шкал угла места с помощью отвеса*

Выставление шкал угла места по отвесу проверяют при выполнении ежемесячных профилактических работ, в случаях, если возникли сомнения в точности измерения угла места, и после замены или ремонта элементов системы передачи и регистрации.

Первоначально, как уже указывалось, все перечисленные ниже операции по проверке выставления шкал угла места с помощью отвеса выполняют сразу после выставления шкал угла места по миру, т. е. до установки РПУ. Полученное при этом значение фиксированного вертикального угла записывают на одном из первых свободных листов рабочего журнала станции.

Перед проверкой выставления шкал угла места обязательно нужно проверить горизонтирование антенной колонки

Проверка выставления шкал угла места по отвесу заключается в следующем. К верхней части рефлектора антенны привязывают отвес с таким расчетом, чтобы при антенне, установленной по углу места приблизительно на нуль, отвес не касался антенной головки, фильтра горизонтальной поляризации и других деталей. Длина нитки должна быть такой, чтобы груз отвеса висел на несколько сантиметров ниже нижней кромки рефлектора. Для привязывания отвеса на верхней кромке рефлектора необходимо укрепить кольцо или пластину с отверстием. При первоначальной установке антенны по отвесу выбирают тихую погоду, чтобы отвес не раскачивало, а нить отвеса делают предельно тонкой.

Для определения показаний шкал в фиксированном положении антенны ее по вертикальному углу вручную устанавливают в такое положение, чтобы между нижней кромкой рефлектора и ниткой отвеса был виден зазор величиной приблизительно в один миллиметр. Проверяют зазор с помощью шупа из миллиметровой проволоки, вставляемого в этот зазор. Антенну можно считать установленной правильно, если вставленный в зазор шуп касается одновременно нижней кромки рефлектора и нити отвеса. При трехкратном повторении всех операций отсчеты на шкале угла места не должны отличаться друг от друга более чем на 0—00,5 ду. В рабочий журнал записывают среднее арифметическое из трех отсчетов, округленное до 0—01 ду.

Для отсчета угла места пользуются шкалой, находящейся в блоке МТМ-74 (в антенной колонке), открыв для этого круглую крышку на кожухе угломестного редуктора.

В дальнейшем, после установки РПУ, при проверке выставления шкал угла места по отвесу их показания не должны отличаться от показаний, записанных в рабочий журнал РЛС, более чем на  $0-00,5$  ду. Если разность оказалось больше, необходимо, не изменяя положения установленной по отвесу антенны, выставить на шкалах показания, записанные ранее в рабочий журнал станции.

### *Проверка сохранности выставления шкал азимута по местному предмету и по радиозондовому передатчику*

Сохранность выставления шкал азимута на станции с антенной под радиопрозрачным укрытием проверяют пеленгованием местного предмета. Для этого до установки РПУ сразу после ориентирования станции выбирают одиночный местный предмет, дающий отраженный сигнал, достаточный по амплитуде для надежного захвата предмета на автосопровождение по угловым координатам. Вручную наводят антенну на местный предмет по максимуму сигнала, переводят станцию в режим автосопровождения по угловым координатам, нажав кнопку «автомат» блока МТМ-71, и записывают в рабочий журнал станции показания азимутальных шкал блока МТМ-62. Показания шкал при многократной наводке антенны на предмет не должны расходиться более чем на  $\pm 0-10$  ду. В журнал следует записать словесную характеристику сигнала выбранного местного предмета, а также характеристики местных предметов, расположенных рядом. Рекомендуется сделать зарисовку сигнала местного предмета, если он имеет какие-то характерные особенности. Помимо азимута необходимо записать наклонную дальность местного предмета. Все это облегчит его поиск и исключит возможность ошибки при последующих проверках.

На аэрологических станциях, где отсутствуют местные предметы, пригодные для проверки выставления шкал азимута, для этой цели может быть использован ответчик А-28 или радиозондовый передатчик. Передатчик с питанием устанавливают в строго фиксированном, т. е. всегда в одном и том же положении, в котором он может быть надежно взят станцией на автосопровождение по угловым координатам. Угол места, под которым передатчик виден от антенны станции, должен быть не меньше  $0-50$  ду ( $-3^\circ$ ).

При подготовке передатчика проверяют наличие и величины несущей частоты и частоты генератора 800 кГц. Допуски в этом случае действуют те же, что при подготовке к выпуску оперативного радиозонда.

После установки передатчика в выбранную точку проверку выставления шкал выполняют так же, как это делается по местному предмету.

## Сравнительные наблюдения

Сравнительным наблюдением называется одновременное измерение радиолокатором и оптическим теодолитом угловых координат находящегося в полете радиозонда с целью определения ошибок измерения этих координат радиолокатором. Проводят такие наблюдения не реже двух раз в год, и кроме того, каждый раз после ремонта или замены элементов антенно-фидерной системы.

Сравнительные наблюдения позволяют определить ошибку измерения станцией угловых координат. Однако для анализа причин, вызвавших появление ошибки, таких наблюдений недостаточно. Для этого непосредственно перед сравнительными наблюдениями проверяют: систему управления антенной и систему передачи и регистрации, горизонтирование антенной колонки, сохранность выставления шкал угла места и азимута.

Для проведения сравнительных наблюдений рядом с антенной радиолокатора устанавливают оптический теодолит. Выпускают радиозонд. После того как он удалится на расстояние, достаточное для того, чтобы разности между значениями угла места и азимута радиозонда, измеренные радиолокатором и теодолитом, за счет базы между теодолитом и антенной и превышения антенны над теодолитом не превышали 0—01 ду, через каждые 30 с делают одновременные отсчеты угловых координат радиозонда по теодолиту и радиолокатору. Сравнивая между собой полученные значения, определяют ошибку измерения станцией этих координат.

Сравнительные наблюдения разделяются на следующие этапы:

- а) подготовительные работы,
- б) проведение наблюдений,
- в) обработка и анализ наблюдений,
- г) корректировка радиолокатора.

### а). Подготовительные работы

В подготовительные работы входит:

- устройство звуковой сигнализации времени,
- установка теодолита,
- тренировка наблюдателей.

### *Устройство звуковой сигнализации времени*

Строгая синхронность отсчета углов по теодолиту и радиолокатору является непременным условием сравнительных наблюдений. Для обеспечения синхронности применяют схему сигнализации, приведенную на рис. 1. Эта схема обеспечивает подачу непрерывного звукового сигнала за 2—3 с до момента печати угловых координат. Прекращается сигнал строго в момент печати.

Для включения и выключения зуммера или звука используется поляризованное реле РРБ-4, управляемое от блока МТМ-62. Одна из обмоток реле включена последовательно в общую цепь питания электромагнитов переброса счетчика времени ЭМ7 и ЭМ8. На плате П1 от клеммы 14 отсоединяют два подключенных к ней провода. Вывод 1 обмотки реле соединяют с верхним проводом, а вывод 2 — с нижним, идущим к разъему Ш 3/4. Вторую обмотку включают последовательно в цепь любого из электромагнитов печати угловых координат. Для этого отсоединяют провода от клеммы 22 платы П1. Вывод 4 обмотки соединяют с верхним проводом, а вывод 3 — с нижним, идущим на анод лампы Л5. К выводам реле Л и Я присоединяют провода от зуммера или звонка, устанавливаемого во время наблюдения рядом с теодолитом.

Схема работает следующим образом. При срабатывании любого из электромагнитов переброса счетчика времени (ЭМ7 или ЭМ8) якорь реле перебрасывается в положение, включающее зуммер, и остается в нем до срабатывания электромагнитов печати угловых координат. При срабатывании электромагнитов печати якорь перебрасывается в положение «зуммер выключен» и остается в этом положении до следующего срабатывания одного из электромагнитов переброса счетчика времени. Таким образом, зуммер включается через каждые 30 с, при перебросах счетчика как на «+», так и на «-».

Реле регулируют таким образом, чтобы при обесточенных обмотках якорь всегда оставался в том положении, в какое он будет поставлен рукой.

Для того чтобы реле не работало, когда в этом нет необходимости, его обмотки замыкаются накоротко посредством соответствующего переключения, соединенного с его обмотками переключателя В1. Выключатель устанавливают под крышкой блока МТМ-04.

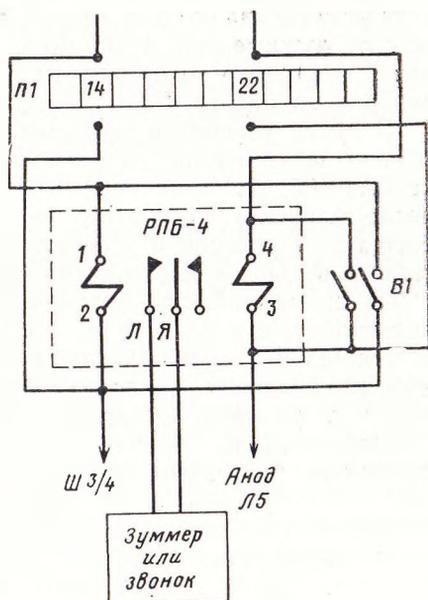


Рис. 1. Схема сигнализации.

### Установка теодолита

Для проведения сравнительных наблюдений применяется аэрологический теодолит типа АТК-2 с точностью отсчета, равной од-

ной минуте. Может быть использован и какой-либо другой тип теодолита при условии, если он имеет точность отсчета не ниже, чем теодолит АТК-2, и пригоден для наблюдения за движущейся в воздухе целью.

Для того чтобы сравнение углов можно было начать, не дожидаясь удаления радиозонда на десятки километров, штатив теодолита устанавливают как можно ближе к антенне и на одном уровне с ее постаментом. Например, если база и превышение не более чем 2 м, ошибка за их счет не превышает 0—0,5 ду после удаления радиозонда на 4 км.

С места установки теодолита радиозонд должен быть виден в течение всего наблюдения (допускается закрытие шара РПУ или какими-либо другими предметами в течение первых десяти минут после выпуска). Для этого перед каждым наблюдением при выборе места установки теодолита необходимо учитывать предполагаемые во время наблюдения направление и скорость ветра.

Во время наблюдения теодолит не должен находиться перед антенной, т. е. в секторе между антенной и летящим радиозондом.

Площадка, на которой устанавливается штатив теодолита, должна обеспечивать полное отсутствие качки, вибрации или оседания ног штатива во время наблюдения.

Наблюдатель должен иметь возможность свободно перемещаться вокруг теодолита без риска падения с крыши.

### *Тренировка наблюдателей*

Измерение угловых координат движущейся цели значительно сложнее, чем измерение координат неподвижного предмета. Для получения достаточно точных результатов наблюдателям необходимо хорошо знать правила работы с теодолитом, порядок выполнения работы при проведении сравнительных наблюдений и иметь твердые навыки выполнения всех операций, производимых при сравнительных наблюдениях.

До начала тренировки наблюдатели должны изучить устройство теодолита, правила его эксплуатации и поверки. На последнюю необходимо обратить особое внимание.

Практические занятия состоят в приобретении навыков работы с теодолитом, его установки, поверке, ориентировании и измерении координат неподвижного предмета, а затем находящегося в полете радиозонда. Теодолит устанавливают на том месте, где он будет находиться во время сравнительных наблюдений. Занятия проводят в промежутках между оперативными наблюдениями. Передатчик радиолокатора во время сравнительных наблюдений не включают.

По результатам наблюдений за радиозондом строят графики изменений вертикального угла во времени. Масштаб графика: по оси абсцисс 1 мин=5 мм, по оси ординат 1°=20 мм. На один и тот же лист наносят вертикальные углы, полученные по теодолиту

в виде точек, и вертикальные углы, снятые с ленты радиолокатора в виде точек, обведенных кружками или треугольниками.

Учебные наблюдения за летящим радиозондом заканчивают после получения на графике плавной кривой, без резких изломов и разброса точек, построенной по вертикальным углам теодолита.

#### б). Проведение сравнительных наблюдений

Для проведения сравнительных наблюдений выпускают в полет радиозонд или ответчик А-28. Может быть использован радиозонд, забракованный по измерительному генератору.

При подготовке прибора проверяют его несущую частоту и частоту модулятора 800 кГц.

Радиолокационная станция ведет сопровождение радиозонда только по угловым координатам. Передатчик РЛС не включают, для того чтобы не подвергать облучению людей, работающих вблизи антенны.

В наблюдении принимают участие три человека. Один работает на РЛС. У теодолита работают два человека. Первый ведет наблюдение за радиозондом, пользуясь звуковыми сигналами устройства синхронизации времени, отсчитывает вслух угловые координаты радиозонда. Начало звукового сигнала является командой для начала точного сопровождения цели. В момент окончания звукового сигнала радиозонд должен находиться точно в перекрестье нитей. Наблюдатель в этот момент прекращает вращение наводящих (микрометренных) винтов теодолита.

Второй записывает в книжку эти координаты, следит за синхронностью записи отсчетов, пользуясь включенным одновременно со счетчиком времени станции секундомером, и периодически сверяет секундомер со счетчиком станции.

Наблюдатель у теодолита наводит трубу на радиозонд до тех пор, пока он виден (наблюдение ведется на малом поле, переключатель полей должен стоять в положении «труба»). Только после того как радиозонд перестанет быть виден, труба наводится на оболочку.

Отсчеты координат можно начинать диктовать записывающему после того, как скорость измерения угловых координат уменьшится настолько, чтобы появилась возможность к моменту отсчета подводить радиозонд точно к перекрестью нитей. Если в момент отсчета труба оказалась наведенной неточно, наблюдатель не отсчитывает угловые координаты, а говорит записывающему «прочерк». Записывающий к соответствующей минуте вместо записи координат делает прочерк.

Сразу после окончания наблюдения вторично проверяется установка теодолита: проверяется сохранность его установки по уровням и делается наводка с перекидкой на миру. Результаты проверки записывают в книжку КАЭ-3.

Результаты теодолитных наблюдений записывают в книжку КАЭ-3. Туда же по окончании наблюдений переписывают угловые координаты радиозонда, полученные на радиолокаторе.

Перед началом наблюдения на левом поле первого листа надо проставить время через каждые 30 с, рассчитывая на среднюю продолжительность наблюдения. Время в графе «минуты» следует зачеркнуть.

В начале листа заполняются только графы «дата» и «время». На верхнем поле листа записывают результаты наводки и перекидки трубы теодолита до и после наблюдения.

Книжка КАЭ-3 не предназначена для сравнительных наблюдений, поэтому необходимо в книжку вписать новые названия колонок.

Над первой и второй колонками пишут «теодолит». В эти колонки записывают горизонтальный и вертикальный углы, полученные по теодолиту.

Над третьей колонкой пишут «Р/л вертикальный угол в градусах». В эту колонку записывают угол места, снятый с ленты радиолокатора и переведенный в градусы с десятыми и сотыми долями.

Над четвертой колонкой пишут «Р/л вертикальный угол в градусах и минутах». В эту колонку записывается тот же угол, что и в третью, но десятые и сотые доли градусов переводят в минуты.

Над пятой колонкой пишут «Дб». В нее записывают вычисленную разность (ошибку) между вертикальными углами, полученными на локаторе и с помощью теодолита. Разность пишется со знаком плюс, если угол, определенный радиолокатором, больше угла, определенного теодолитом.

В шестую колонку записывают величину систематической ошибки по углу места (в ду) после обработки результатов наблюдения.

В седьмую и восьмую записывают горизонтальные углы, полученные на радиолокаторе, предварительно переведя их в градусы с десятыми и сотыми долями, а затем переведя десятые и сотые доли градуса в минуты. Над этими колонками делают соответствующие надписи так же, как для вертикального угла над третьей и четвертой колонками.

В девятую колонку записывают разности между отсчетами горизонтального угла, а в десятую — систематическую ошибку по азимуту (в ду), полученную после обработки.

#### в). Обработка и анализ результатов наблюдений

Обработка сравнительных наблюдений состоит из следующих операций:

— перевода угловых координат, снятых с ленты радиолокатора, из делений угломера в градусы с десятыми и сотыми долями, а затем перевода десятых и сотых долей градуса в минуты;

— вычисления ошибок измерения радиолокатором угловых координат (разностей между отсчетами по теодолиту и записью на ленте радиолокатора) через каждые 30 с;

— построения графиков ошибок по углу места и азимуту;

— определения систематических ошибок в измерении угла места и азимута;

— определения величины случайной ошибки измерения угловых координат.

Для перевода делений угломера в градусы пользуются таблицами, помещенными на с. 186 Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 4, ч. IIIа. Эти таблицы позволяют переводить деления угломера в градусы с их десятыми и сотыми долями. Десятые и сотые доли градуса необходимо перевести в минуты. Это можно сделать с помощью круга, приведенного в приложении I настоящих методических указаний.

Круг имеет две шкалы: наружную, разбитую на 100 делений, и внутреннюю, разбитую на 60 делений. Для перевода десятых и сотых долей градуса в минуты на наружной шкале находят деление, соответствующее числу десятых и сотых долей градуса. Ближайшее к нему деление внутренней шкалы покажет соответствующее число минут с округлением до одной минуты.

Ошибки измерения радиолокатором вертикального угла через каждые 30 с определяют путем алгебраического вычитания вертикального угла, измеренного теодолитом, из вертикального угла, измеренного радиолокатором.

Пример: угол, измеренный радиолокатором, после перевода в градусы и минуты равен  $5^{\circ}24'$ ; угол, измеренный теодолитом, равен  $5^{\circ}31'$ . Ошибка данного измерения равна  $5^{\circ}24' - 5^{\circ}31' = -7'$ . Вычисленную ошибку записывают в графу книжки КАЭ-3 «Дб». Таким же образом вычисляют и записывают ошибки измерения горизонтального угла.

После вычисления ошибок строят график ошибок по вертикальному углу. По оси абсцисс откладывают время, по

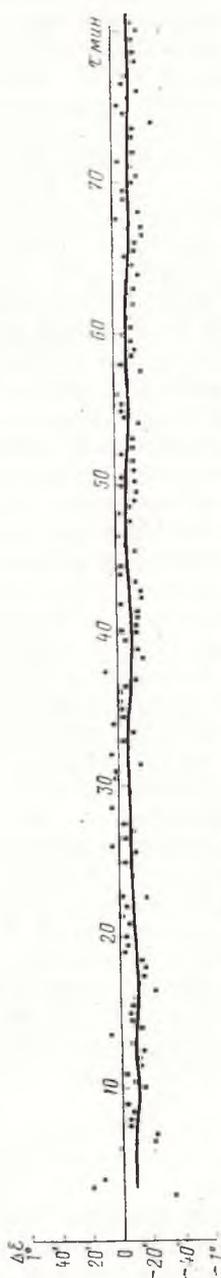


Рис. 2. График ошибок угла места («Метеорит-2» № 004, Долгопрудный, 24 III 1974 10 ч 30 мин. Систематическая ошибка —  $8' \approx (0-02)$  дуг. Азимут от  $47^{\circ}$  до  $136^{\circ}$ )

оси ординат—величину ошибок. График строят на миллиметровке в масштабе: 1 мин=5 мм,  $1^\circ=30$  мм ( $2'=1$  мм).

Кривую ошибок проводят от руки через центры кучности точек. На рис. 2 дан пример построения графика.

Систематическую ошибку определяют по величине смещения кривой ошибок вниз или вверх от оси абсцисс. Для определения систематической ошибки используют участок кривой, на котором она лежит параллельно оси абсцисс. Начало кривой ошибок (до 10—20 мин наблюдения) может располагаться под некоторым углом к оси абсцисс за счет превышения антенны над теодолитом и базы между ними.

Нельзя пользоваться кривой ошибок, если вся кривая расположена наклонно по отношению к оси абсцисс. Это, как правило, свидетельствует о постепенном нарушении горизонтальности теодолита в процессе наблюдения за счет оседания ног штатива. В этом случае необходимо провести еще одно сравнительное наблюдение.

При определении систематической ошибки не принимаются во внимание отдельные выбросы кривой, возникающие за счет искажения диаграммы направленности антенны местными предметами, расположенными вблизи станции.

Систематическую ошибку определяют минимум по двум графикам, обязательно подтверждающим один другой.

Если при проведении кривой ошибок от руки возникают затруднения, рекомендуется определять систематическую ошибку вычислением среднего арифметического из полученных в результате сравнительного наблюдения разностей. При этом из подсчета исключаются грубые ошибки, просчеты и начальный участок кривой, если он имеет наклон по отношению к оси абсцисс.

На станции, обеспечивающей требуемую точность измерения угловых координат, систематическая ошибка по углу места, полученная по данным сравнительных наблюдений, не должна превышать 0—00,5 ду.

Случайная ошибка характеризуется величиной разброса точек, по которым проведена кривая. Не менее половины всех точек должны располагаться в полосе  $\pm 7'$  выше и ниже кривой. Если разброс больше, необходимо проверить и настроить систему управления антенной (в том числе фазирование ГОНа) и систему передачи и регистрации.

Ошибки измерения станцией горизонтального угла определяются аналогично ошибкам вертикального угла. Допуск на систематическую ошибку для горизонтального угла равен  $\pm 0—10$  ду ( $36'$ ). Допуск на разброс остается такой же, как для вертикального угла.

### *Корректирование радиолокатора*

Если в результате обработки сравнительных наблюдений обнаружен разброс ошибок, не укладывающийся в допуск ( $\pm 7'$  от кривой систематических ошибок), необходимо более тщательно повто-

рить проверку и настройку системы управления антенной. Вновь проверить фазирование ГОНа. Проверить и настроить систему передачи и регистрации, а затем повторить сравнительные наблюдения.

После устранения повышенного разброса, если он был, приступают к устранению систематических ошибок по углу места и азимуту.

Систематические ошибки по углу места, не превышающие  $0-00,5$  ду, ( $\approx 2'$ ) и по азимуту  $0-10$  ду ( $36'$ ), исправлению не подлежат.

Если систематическая ошибка, определенная проверкой выставления шкал угла места по отвесу (или шкал азимута по местному предмету) и по результатам сравнительных наблюдений одинакова, а случайная ошибка не превышает указанного выше допуска, систематическую ошибку устраняют исправлением соответствующих шкал. В противном случае необходимо найти ошибку в одной из предыдущих проверок, повторив операции, вызывающие наибольшие сомнения.

Для устранения систематической ошибки по углу места выполняют следующие операции:

— включив приводные двигатели антенны и нажав кнопку «Ручное» на передней панели блока МТМ-71, с помощью штурвала устанавливают антенну в фиксированное положение по углу места по отвесу;

— записывают показания шкал;

— из полученных показаний шкал угла места алгебраически вычитают определенную по графику ошибку;

— полученное значение угла места выставляют на шкале блока МТМ-74, не изменяя при этом положения антенны;

— согласовывают шкалы блоков МТМ-62 и МТМ-63 со шкалами угла места блока МТМ-74.

Для устранения систематической ошибки по азимуту выполняют следующие операции:

— наводят антенну на местный предмет, азимут которого известен;

— записывают показания азимутальных шкал блока МТМ-62;

— из полученных показаний алгебраически вычитают ошибку;

— исправленное значение азимута выставляют на шкалах блока МТМ-62 в соответствии с рекомендациями заводской инструкции по эксплуатации, гл. 4, п. 4.3.

**Примечание.** Исправленное по результатам сравнительных наблюдений значение азимута не должно отличаться от азимута местного предмета, определенного после ориентирования станции, более чем на  $0-10$  ду.

О результатах проверки и коррекции шкал делают запись в рабочем журнале станции. Указывают фамилии выполнявших проверку и дату ее проведения.

## УТОЧНЕНИЕ ПОПРАВОК К ВЫСОТЕ ПОДЪЕМА РАДИОЗОНДА НА КРИВИЗНУ ЗЕМЛИ И РЕФРАКЦИЮ РАДИОВОЛН В АТМОСФЕРЕ

При вычислении высоты подъема радиозонда по радиолокационным данным вводятся поправки на кривизну Земли и рефракцию радиоволн в атмосфере.

Поправки, приведенные в приложении 17 Наставления, вып. 4, ч. IIIа, 1973, рассчитывались по приближенным формулам для условия постоянства вертикального градиента коэффициента преломления радиоволн во всем зондируемом слое атмосферы. Такое упрощение допустимо при сравнительно малых дальностях наблюдений, обусловленных сравнительно небольшой чувствительностью применяемых радиолокационных станций (дальномерная приставка, «Метеорит»). Внедрение радиолокационной станции «Метеорит-2», обусловившее увеличение дальности наблюдений до 300 км, а также автоматизация процесса обработки результатов зондирования потребовали уточнения поправок на рефракцию радиоволн в атмосфере.

Уточнение поправок произведено путем использования значений вертикальных градиентов коэффициента преломления, рассчитанных для условий стандартной атмосферы. Для расчетов методом суммирования вся атмосфера была разбита на сферические, концентрические слои толщиной в 1 км.

Уточненная формула для определения поправок на рефракцию радиоволн имеет следующий вид:

$$\Delta H_r = \sum_{i=1}^k \left( \frac{dN}{dz} \right)_i^0 \sin \frac{\beta_i + \beta_{i-1}}{2} \left( D_k - D_i + \frac{1}{2} \Delta D_i \right) \Delta D_i, \quad (1)$$

где  $D_i$  и  $\Delta D_i$  — элементы наклонной дальности, возникающие вследствие разбивания атмосферы на слои равной толщины, а  $\beta_i$  и  $\beta_{i-1}$  — соответствующие им текущие углы.

$$D_i = \sqrt{(R + \Delta H i)^2 - (R \cos \delta)^2} - R \sin \delta, \quad (2)$$

$$\Delta D_i = \sqrt{(R + \Delta H i)^2 - (R \cos \delta)^2} - \sqrt{[R + \Delta H (i-1)]^2 - (R \cos \delta)^2}, \quad (3)$$

$$\sin \beta_i = \frac{R \cos \delta}{R + \Delta H i}, \quad (4)$$

$$\sin \beta_{i-1} = \frac{R \cos \delta}{R + \Delta H (i-1)}, \quad (5)$$

где  $R=6370$  км — средний радиус Земли,  $i$  — номер слоя атмосферы,  $\Delta H$  — толщина слоя (задается равной 1 км),  $D_k$  — измерен-

ная наклонная дальность,  $\delta$  — измеренный вертикальный угол,  
 $K = \frac{D_k \sin \delta + \Delta H_3}{\Delta H}$  — число слоев, пересекающих траекторию радиолуча,

$$\Delta H_3 = \sqrt{R^2 + 2RD_k \sin \delta + D_k^2} - (R + D_k \sin \delta) \quad (6)$$

— поправка на кривизну Земли,

$\left(\frac{dN}{dz}\right)_i^0$  — вертикальный градиент индекса преломления.

Общие поправки к высоте подъема радиозонда представляют собой сумму поправок на кривизну Земли, рассчитанных по формуле (6) и имеющих знак «+», и поправок на рефракцию радиоволн в атмосфере, рассчитанных по формуле (1) и имеющих знак «-».

Значения суммарных поправок, имеющих знак «+», приведены в приложении 2 настоящих Методических указаний. Эти поправки должны вводиться при вычислении высоты подъема радиозондов типа РКЗ-2, РКЗ-5, а также ответчика А-28 вместо поправок, приведенных в приложении 17 Наставления, вып. 4, ч. IIIа, 1973.

## МЕТОД ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВЕТРА С ПОМОЩЬЮ СТАНЦИИ «МЕТЕОР»

### *Введение*

В настоящее время система «Метеор» — РКЗ или «Метеорит-2» — РКЗ-5 является наиболее точной системой зондирования атмосферы в СССР. Станция «Метеор» измеряет дальность движущегося в атмосфере радиозонда с ошибкой около 30 м, угловые координаты с ошибкой около  $0,2^\circ$ , что определяет точность измерения ветра с ошибкой около 0,5 м/с [1, 2].

При автоматическом слежении за радиозондом станция «Метеор» регистрирует его координаты один раз за 0,5 мин. Но интервалы регистрации координат могут быть сокращены до 5 с. Ветер в атмосфере вычисляется по движению радиозонда в атмосфере в слоях воздуха, которые шар с радиозондом проходит за определенное время. До 3 мин подъема, т. е. примерно до 1 км, скорость ветра вычисляется через 0,5 мин, затем до 10-й мин, т. е. примерно до 3,5 км подъема, — через 1 мин, далее до 40-й мин подъема (12—15 км) — через 2 мин и выше — через 4 мин подъема.

Таким образом, по мере подъема и удаления радиозонда интервал времени и толщина слоев, для которых вычисляется скорость и направление ветра, все более увеличиваются. Если до уровня 1 км толщина слоя, для которого дается скорость и направление ветра, составляет около 150 м, то в стратосфере тол-

щина слоя, для которого дается скорость и направление ветра, составляет 1,2—1,5 км. На практике и в исследовательской работе нередко не учитывают того, что ветер в атмосфере, вычисляемый по движению радиозонда, представляет собой средний ветер в слое определенной толщины, довольно значительной в верхней части атмосферы.

Необходимость этого обусловлена стремлением повысить точность определения скорости и направления ветра путем осреднения траектории движения радиозонда за достаточно большой отрезок времени, при котором горизонтальное перемещение шара ветром будет существенно больше его мнимого перемещения, обусловленного ошибками измерения угловых координат, дальности или высоты радиозонда.

Таким образом, необходимо всегда помнить, что данные скорости и направления ветра по радиозонду определены с осреднением по вертикали и во времени. Возникает необходимость знать структуру ветра в атмосфере более детально. В одних случаях бывает нужно знать тонкую структуру скорости и направления ветра и их конкретное распределение в весьма тонких слоях. Ясно, что для этого необходимы более точные методы зондирования и более объемная система информации с большим числом «особых точек», а не информация по главным изобарическим поверхностям и стандартным уровням, как мы обычно ее представляем. Однако во многих случаях бывает достаточно вместо детальной тонкой структуры ветра в данном слое знать его статистическую структуру. Является ли в данном слое ветер однородным или он изменяется в отдельных более тонких слоях и на какую примерно величину, постоянный он, устойчивый или неспокойный, порывистый. Эта информация может быть весьма ценной для решения целого ряда задач. Она представляет интерес, например, для авиации, поскольку пульсация и сложная структура ветра часто бывают связаны с неспокойным полетом самолета, в частности, с его болтанкой, с большими или меньшими перегрузками машины и нарушением удобств пассажиров. С этой точки зрения следует обратить внимание на то, что данные станции «Метеор» о ветре мы используем неполностью.

Как уже было отмечено ранее, выше 3 км мы для вычисления ветра используем данные о координатах шара через каждые 2 мин, а выше 12—15 км через 4 мин. В то же время на ленте регистратора станции постоянно имеются данные о координатах радиозонда через каждые 0,5 мин подъема и, в принципе, могут быть получены еще более частые данные.

Возникает вопрос, не может ли эта неиспользуемая ныне информация быть полезной для освещения структуры ветра в слоях атмосферы, для которых даются постоянные (осредненные) значения скорости ветра.

Данный метод как раз и направлен на то, чтобы попытаться использовать считающуюся ныне избыточной и ненужной информацию станции «Метеор» о движении радиозонда для получения

представления о временных или пространственных пульсациях ветра внутри слоев, для которых он ныне дается как постоянная величина. Это позволяет добавить к средним характеристикам ветра, его скорости и направлению в данном слое еще количественные характеристики его неоднородности за счет использования ныне пропадающей информации станции «Метеор» при наблюдениях за радиозондом.

*Основы метода получения характеристик неоднородности ветра по данным на ленте регистрации «Метеора»*

Исследование изменчивости ветра показывает, что она характеризуется почти круговым законом распределения разностей или пульсаций. Величина средних разностей ветра за определенные интервалы времени по одному произвольному направлению примерно такая же, как и по другому, перпендикулярному ему. Она примерно одинаковая вдоль основного потока и поперек его [1]. Разумеется, бывают и особые случаи, не попадающие под это правило, но они составляют скорее исключение и свойственны особым слоям в атмосфере.

Таким образом, полученные характеристики неоднородности или пульсационные характеристики ветра по одному какому-то направлению с большой вероятностью характеризуют и общее состояние потока. Это известным образом упрощает задачу. При этом оказывается возможным пользоваться, например, только данными о наклонной дальности и не рассматривать угловые координаты шара.

Наклонная дальность измеряется станцией «Метеор» со средней ошибкой 25 м. Однако эта ошибка на отдельных участках подъема меняется медленно. Поэтому в сравнительно короткие интервалы времени, и чем короче тем сильнее, проявляется тенденция к сохранению примерно одного и того же значения ошибки дальности. Поэтому ошибки разностей дальности за два весьма близких интервала времени могут быть меньше, чем за два более удаленных момента времени. Но все же такая ошибка бывает недостаточна для вычисления ветра за данный короткий интервал времени, так как смещение шара оказывается с ней соизмеримым. Но при статистическом подходе это не столь важно, так как при этом ошибка результата уменьшается по формуле

$$\sigma_m = \frac{\sigma_i}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где  $n$  — число осредняемых элементов в данном слое.

Кроме того, при этом возникает возможность исключить ошибку метода измерений по формуле

$$\sigma_n^2(t) = \sigma_{00}^2(t) - 2\sigma_0^2, \quad (2)$$

где  $\sigma_{\text{н}}^2(t)$  — истинная величина квадрата разностей или пульсаций,  $\sigma_{\text{об}}^2(t)$  — ее измеренная величина, а  $\sigma_{\text{с}}^2$  — средний квадрат ошибки измерений.

Если ветер линейно и однородно изменяется с высотой, то нарастание дальности идет линейно и разности двух последующих отсчетов  $(d_1-d_2)$ ;  $(d_2-d_3)$ ;  $(d_3-d_4)$  и т. д. равны между собой. Их средняя величина, отнесенная к единице интервала времени, равна средней скорости радиального смещения радиозонда относительно станций наблюдений. Но если ветер изменяется с высотой в данном слое неравномерно или он пульсирует за время подъема радиозонда в этом слое, то соседние разности не будут равны между собой. Если мы возьмем среднюю разность их абсолютных величин в данном слое, то эта величина будет характеризовать неоднородность ветра в данном слое

$$V_1' = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} |(d_i - d_{i+1}) - (d_{i+1} - d_{i+2})|}{(n-2)}, \quad (3)$$

здесь  $V_1'$  — неоднородность ветра в данном слое, м/с;  $(d_i - d_{i+1})$  — разность двух соседних отсчетов дальности по «Метеору», следующих через 0,5 мин;  $(n-2)$  — число таких разностей при  $n$  отсчетах дальности в слое.

Величина, заключенная в прямые скобки, есть абсолютная величина разности двух соседних разностей дальности, т. е. абсолютная величина второй разности. Неоднородность ветра, вычисляемая по формуле (3), может являться следствием пульсаций ветра в слое или наличия нестационарных или стационарных волн ветра в атмосфере. Она обращается в нуль только тогда, когда профиль ветра линейен или когда в слое подъема за 0,5 мин укладывается строго одна полная волна или четное число полуволн.

Величина  $V_1'$  указывает на неоднородную и, возможно, волнистую структуру ветра с масштабом волны возмущения больше 0,5 мин во времени, больше 150 м по вертикали и больше 300 м по горизонтали. При переводе станции «Метеор» в режим пятисекундных отсчетов масштаб измеряемых неоднородностей уменьшается в 6 раз. Верхний масштаб измеряемых неоднородностей зависит от толщины слоя осреднения или числа взятых единичных отсчетов дальности  $n$ . При интервале осреднения 3 мин верхний масштаб измеряемых пульсаций и неоднородностей будет 3 мин, 1 км по вертикали и 2—5 км по горизонтали. Однако по силу того, что в атмосфере спектр возмущений широк и наблюдается значительное распределение энергии возмущений по спектру [1, 2] с одновременным ростом возмущений разных масштабов [3], данные о неоднородностях ветра в рассматриваемой области масштабов могут указывать и на рост возмущенности потока в смешанных областях. Возможно, приводимые

формулы покажутся сложными. На самом деле, вычисления неоднородностей ветра ведутся очень просто на ленте «Метеора»:

Отмечаются в интервале 3 мин семь соседних отсчетов дальности, отстоящих друг от друга на интервалах 0,5 мин.

Из каждой последующей дальности вычитается предыдущая и записывается тут же рядом на ленте с учетом ее знака. Это будут первые разности. Эти разности будут положительными, если шар удаляется, и отрицательными, если он приближается к станции. Всего таких разностей, записанных столбцом, будет 6 в интервале 3 мин. Затем из каждой последующей разности дальности вычитается предыдущая и записывается с учетом ее знака также столбцом справа от первых разностей. Таких разностей в интервале 3 мин будет 5.

Теперь нужно сложить все 5 вторых разностей по их абсолютным величинам и разделить на 5. Это будет величина  $V'_1$ . Затем эти же вторые разности складываются с учетом их знаков. Полученная сумма может быть положительной или отрицательной, но мы берем ее абсолютную величину. Это будет величина  $V'_2$ . Остается взять разность  $V'_1 - V'_2$  и разделить на 30. Мы получим число  $V''$ , характеризующее неоднородность ветра в данном слое.

### Ошибки определения неоднородностей ветра в слое

В качестве характеристики неоднородности ветра в данном слое будем использовать величину  $V'$ , определяемую соотношением (3). Сначала определим, какие средние ошибки в ее определение вносит метод зондирования «Метеор» — РКЗ». Для этого воспользуемся приемом экстраполяции структурно-временной функции к нулевому интервалу времени [3, 4].

На рис. 3 представлен график структурно-временной функции в виде зависимости квадратов средних арифметических значений разностей величины  $V'$ , осредненной за 3 мин для интервалов времени до 2 сут, по оси ординат отложены значения квадратов средних разностей величины  $V'$  ( $\text{м/с}$ )<sup>2</sup> за соответствующий интервал времени, обозначенный на оси абсцисс. Верхняя кривая относится к слою, середина которого находится на высоте близ 1 км, и нижняя — к слою, середина которого находится близ высоты 5 км, две других кривых относятся к уровням 10 и 15 км. Толщина каждого из рассматриваемых слоев соответствует времени осреднения величины  $V'$ , которое равно 3 мин и, следовательно,

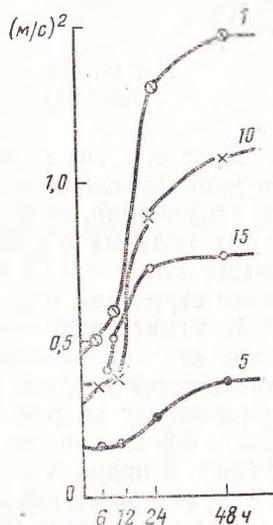


Рис. 3. Структурно-временные функции неоднородностей ветра

толщине слоя около 1 км. Экстраполяция хода этих кривых до интервала времени, равного нулю, отсекает на оси ординат отрезки, численно равные удвоенному квадрату ошибки измерения  $V'$ .

В табл. 2 представлены рассчитанные таким способом величины средних арифметических ошибок метода определения неоднородностей ветра в слоях толщиной 1 км, проходимых шаром за 3 мин подъема.

Таблица 2

Ошибки измерения неоднородностей ветра (м/с)  
системой «Метеор»

Высота, км			
1	5	10	15
0,5	0,3	0,35	0,4

Это сделано на основании регистрации дальности «Метеором» за полминутные интервалы времени. Наибольшая ошибка — около 0,5 м/с имеет место в нижнем километровом слое атмосферы, минимальной величины она достигает в средних слоях тропосферы и остается практически постоянной до 15 км в стратосфере, близкой к 0,4 м/с. В то же время сами неоднородности ветра в атмосфере, измеряемые описываемым методом, достигают 10—15 м/с.

*Реальность и значимость неоднородностей ветра,  
вычисляемых по данным станции «Метеор»*

Пока еще мы не можем разделить неоднородности ветра внутри данного слоя, обусловленные тонкой структурой ветровой стратификации, от пульсаций ветра по времени в данном слое за время подъема в нем шара. Однако обе эти характеристики вместе или порознь интересны как дополнительные характеристики структуры ветра в атмосфере.

Если бы ошибки метода определения  $V'$  были настолько велики, что они были бы соизмеримы с самими величинами неоднородностей ветра в атмосфере, то структурные функции типа приведенных на рис. 3 не обнаруживали бы роста квадратов разностей величины  $V'$  по мере увеличения интервала времени. Из рис. 3 видно, что структурные функции неоднородностей ветра  $V'$  характеризуются подъемом кривой структурной функции по мере увеличения интервала времени. Это свидетельствует о том, что по мере увеличения интервала времени между измерениями увеличивается средняя разность неоднородностей ветра в атмосфере в связи с изменением метеорологических условий. Кроме

того, для того периода наблюдений, для которого взяты данные для расчета структурных функций интервал, близ 2 суток дает значение структурной функции, близкой к максимуму. Следовательно, в этот месяц преобладали процессы с полупериодом около 2—3 сут, т. е. с периодом в 4—6 дней. Это довольно типичная периодичность для атмосферных процессов. Поэтому, то обстоятельство, что структурные функции числа  $V'$  обнаруживают аналогичную периодичность, указывает на метеорологическую значимость величины  $V'$  как некоторой характеристики неоднородной структуры ветра в атмосфере или его пульсационности.

Чтобы показать реальность измеряемых неоднородностей ветра, рассмотрим связь величины  $V'$  с данными о скорости ветра и градиентах температуры в атмосфере, поскольку эти два параметра особенно влияют на характер воздушного потока.

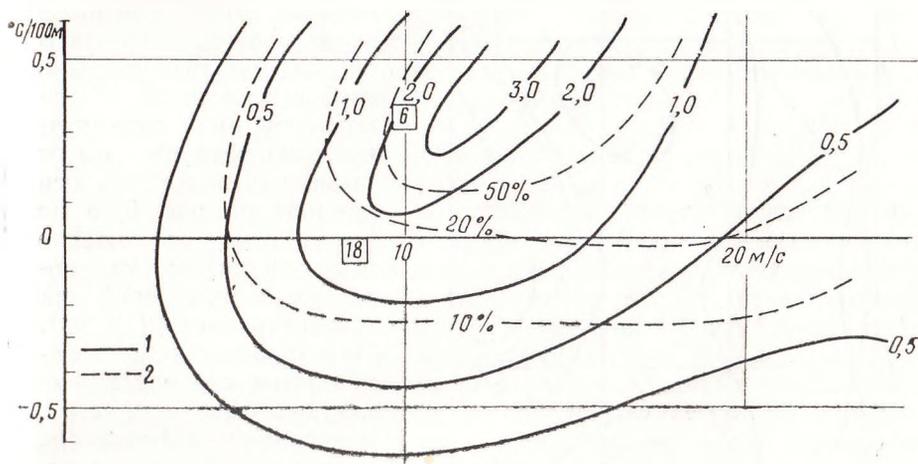


Рис. 4. Сопоставление неоднородностей ветра, измеряемых системой «Метеор» — РКЗ», со скоростью ветра и градиентами температуры на уровне 15 км; 1 — величина неоднородностей, м/с, 2 — вероятность неоднородностей  $>3$  м/с

Рассмотрим, например, что дает метод учета неоднородностей ветра на станции «Метеор» в стратосфере. Соответствующие данные представлены на рис. 4 для Москвы. Видно, что основная закономерность (наличие связи неоднородностей ветра), отмечаемая числом  $V'$ , несомненно имеет место. По данным рис. 4 неоднородности или пульсации ветра в стратосфере более 2 м/с имеют место в основном при падениях температуры с высотой при некоторых оптимальных скоростях ветра 10—15 м/с (В пограничном километровом слое атмосферы этот максимум по данному методу наблюдается при 8—10 м/с). При инверсионной стратификации возмущенность поля ветра в стратосфере оказывается малой. Это указывает на то, что неоднородности, регистрируемые данным

методом, носят в основном характер возмущений или волн с существенной вертикальной слагающей. Об этом говорит то, что нарастание неоднородностей в стратосфере идет только в направлении области уменьшающейся устойчивости температурной стратификации. Максимальные индивидуальные числа  $V'$ , характеризующие средние пульсации в слое 1 км, обведенные квадратиками на рис. 4 составляют 6 и 18 м/с.

В качестве другого примера рассмотрим результаты измерений неоднородностей ветра на станции «Метеор» близ тропопавзы (Москва), представленные на рис. 5. В данном случае изме-

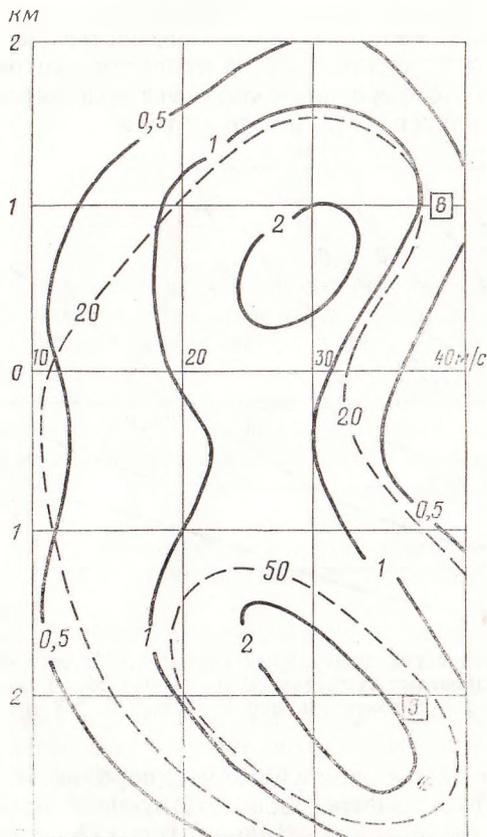


Рис. 5. Сопоставление неоднородностей ветра, измеренных системой «Метеор»—РКЗ», со скоростью ветра над и под тропопавзой:

Усл. обозначения см. рис. 4

рения производились близ уровня 10 км в слое толщиной около 1 км, проходимом шаром за 3 мин. В зависимости от того, находилась ли тропопавза выше или ниже этого уровня, результаты наблюдений неоднородностей в виде числа  $V'$  наносились на соответствующую разность высот выше или ниже по оси ординат на рис. 5, а по оси абсцисс положение точки определялось скоростью ветра (м/с) на данном уровне (10 км). Из рис. 5 видно, что наибольшие средние значения возмущенности ветра, измеренные «Метеором», и их повторяемость в основном локализируются на 1—2 км выше и ниже тропопавзы и наблюдаются преимущественно при оптимальных скоростях ветра 20—30 м/с.

Общая черта взаимосвязи величины неоднородностей, измеряемых числом  $V'$ , с рассмотренными особенностями состояния атмосферы как в прилегающем к Земле километровом слое атмо-

сферы, так и в стратосфере заключается в том, что наибольшая возмущенность потока имеет место при некоторых оптималь-

ных скоростях ветра и уменьшается при скоростях, меньших и больших оптимальной. Сама оптимальная скорость ветра, благоприятствующая развитию возмущений, несколько изменяется с высотой.

Оценка неоднородностей ветра описанным выше методом может применяться по мере возникновения практической необходимости или для научно-исследовательских работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетов В. Д. Пульсации скорости ветра в пограничном слое, обнаруживаемые при радиозондировании атмосферы. — «Труды ИЭМ», 1972, вып. 27, с. 151—153.
2. Решетов В. Д. Изменчивость метеорологических элементов в атмосфере. Л., Гидрометеиздат, 1973, 215 с.
3. Винниченко Н. К., Пинус Н. З., Шметер С. М., Шур Г. Н. Турбулентность в свободной атмосфере. Л., Гидрометеиздат, 1968, 335 с.

#### РАЗЪЯСНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЕТРОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СИСТЕМОЙ «МЕТЕОРИТ»—РКЗ»

##### *Вопросы по подготовке радиозонда к выпуску*

1. В связи с тем, что после издания Наставления, вып. 4, ч. IIIа завод-изготовитель радиозондов РКЗ-2 и РКЗ-5 изменил длину соединительных проводов термоузла, укоротив каждый из них до 24 и 34 см соответственно, в пункт 7.6, (с. 79) и в пункт 7.22 (с. 91) вносятся следующие изменения, касающиеся подключения к радиоблоку термоузла радиозонда РКЗ-2.

Штекер более длинного провода термоузла вставляют в крайнее правое гнездо радиоблока (если смотреть со стороны отсека для комплекта питания); штекер короткого провода термоузла соединяют с гнездом более длинного вывода радиоблока и выводят из кожуха наружу. Такое соединение проводов обеспечивает выдвигание кронштейна перед выпуском радиозонда на всю его длину без прогиба, при этом язычок скобы должен попасть в отверстие кронштейна. Укорачивание кронштейна недопустимо.

Сосдиненный штекер короткого провода термоузла с гнездом более длинного вывода радиоблока закладывать в кожух не надо, он остается вне кожуха как радиозонда РКЗ-2, так и РКЗ-5. Непосредственно перед выпуском радиозонда проверяют надежность его соединения.

2. Термоузел, у которого обнаружен отрыв терморезистора от рамки, бракуется. Нельзя снова припаивать терморезистор к рамке, так как эта операция требует проверки сохранности градуировки термоузла.

3. Опыт эксплуатации комплекта КИПАС-1М показывает, что при проверке радиоблоков на стенде СП-1М с помощью магазина сопротивлений иногда наблюдается разброс частот измеритель-

ного генератора. Это может происходить из-за загрязнения или окисления контактов переключателя магазина сопротивлений. В связи с этим необходимо периодически (1—2 раза в год) производить чистку контактов переключателя.

### *Вопросы по обработке температурно-ветрового зондирования*

1. С целью ускорения обработки данных температурно-ветрового зондирования системой «Метеорит» — РКЗ» рекомендуется при вычислении по кругу А-57 давления на уровнях особых точек, а также при вычислении высот изобарических поверхностей использовать уже вычисленные значения разности давления в слоях между стандартными высотами, минуя операции, связанные с установкой линейки-индекса на значение средней температуры слоя и давление на нижней границе слоя.

Для этого цифру на шкале  $K_1$ , соответствующую толщине слоя, для которого уже вычислена разность давления, совмещают вращением подвижного диска со значением этой разности давления на шкале чисел (неподвижный диск). Последующие операции, описанные в п. 8.24 Наставления, вып. 4, ч. IIIа, остаются без изменений.

**Пример 1.** Давление на высоте 2,5 км — 741,9 мбар, разность давления в слое толщиной 500 м, заключенном между стандартными высотами 3 и 2,5 км, 45,7 мбар. Определить давление на высоте 2,95 км.

Деление на шкале  $K_1$ , оцифрованное 500, подводят к значению разности давления 45,7 на шкале чисел. Против значения толщины слоя 450 (2,95—2,5) снимают со шкалы чисел значение разности давления 41,2 мбар. Искомое давление составляет  $741,9 - 41,2 = 700,7 \approx 701$  мбар.

**Пример 2.** Давление на высоте 5 км — 536,6 мбар, разность давления в слое 5—6 км — 67,4 мбар. Определить высоту изобарической поверхности 500 мбар.

Совмещают деление на шкале  $K_1$ , оцифрованное 1 км, с разностью давления 67,4 на шкале чисел. Против разности давления 36,6 мбар снимают со шкалы  $K_1$  толщину слоя 558 м. Искомая высота изобарической поверхности 500 мбар составляет  $5558 \text{ м} = 5,56$  км.

2. Если по показаниям радиозонда РКЗ-2 (РКЗ-5) наблюдались очень малые значения относительной влажности, менее 5%, градуировочную кривую влажности экстраполируют по ее ходу до 0%. Если снятые с градуировочной кривой значения относительной влажности после их корректировки (согласно результатам контрольной поверки) окажутся менее 5 или более 100%, их принимают за 5 или 100% соответственно.

### *Условия хранения расходных материалов*

1. Согласно действующим Техническим условиям на оболочки (ТУ-38—0053—70) оболочки могут храниться при температуре

воздуха от  $-30$  до  $30^{\circ}\text{C}$ . Если оболочки хранятся при отрицательной температуре, то перед тем, как вынуть их из коробки, они должны быть выдержаны при комнатной температуре не менее 8 ч.

2. Согласно действующим Техническим условиям на радиозонды (р/з А-22 ТУ-25—08—646—70 и р/з РКЗ-5 ТУ-25—04—1479—71) радиозонды хранятся в сухом, закрытом помещении при положительной температуре и при влажности не более 80%.

ПОПРАВКИ (м) К ВЫСОТЕ ПОДЪЕМА РАДИОЗОНДА НА КРИВИЗНУ

D км	Значения вертикального											
	00-80	01-00	01-20	01-40	01-60	01-80	02-00	02-20	02-40	02-60	02-80	03-00
20	22	22	23	23	23	22	22	23	22	22	22	21
25	36	36	35	36	36	36	36	35	36	35	35	34
30	51	52	51	52	53	52	53	52	52	52	52	51
35	70	71	72	72	72	73	72	72	72	71	71	71
40	93	94	95	95	95	95	95	95	95	94	94	93
45	118	119	120	121	122	122	122	122	122	121	120	119
50	147	149	150	152	155	152	152	152	152	151	149	149
55	180	182	183	185	186	186	186	186	185	184	183	181
60	214	218	220	221	222	223	223	223	222	221	221	218
65	254	258	260	262	263	264	264	264	262	262	260	258
70	297	300	304	305	307	308	308	308	307	305	303	301
75	342	347	351	353	355	356	356	355	354	352	350	347
80	391	397	402	405	406	408	407	407	406	403	401	398
85	444	451	456	460	462	463	463	462	460	458	455	451
90	501	508	514	518	521	522	521	521	518	517	512	508
95	561	569	576	580	583	584	584	583	580	578	573	568
100	624	634	641	645	649	650	650	648	646	642	638	633
105	691	702	710	715	728	719	720	718	715	711	705	700
110	762	774	785	788	792	793	793	791	788	783	777	770
115	836	850	858	865	869	870	870	868	864	859	852	845
120	915	929	939	946	949	951	950	948	944	938	931	922
125	997	1011	1022	1030	1034	1036	1036	1032	1028	1021	1014	1004
130	1082	1098	1110	1118	1122	1124	1123	1119	1114	1108	1098	1088
135	1171	1189	1201	1210	1214	1216	1215	1211	1205	1197	1188	
140	1264	1283	1296	1305	1310	1311	1310	1306	1299	1291	1281	
145	1359	1380	1395	1403	1409	1410	1408	1404	1397	1388		
150	1460	1482	1497	1507	1512	1513	1511	1507	1499	1489		
155	1564	1587	1603	1614	1619	1620	1618	1612	1604			
160	1671	1696	1713	1724	1729	1730	1728	1721	1713			
165	1783	1809	1816	1838	1843	1845	1841	1841	1832			
170	1898	1925	1944	1956	1961	1963	1959	1953	1947			
175	2016	2045	2066	2078	2083	2084	2079	2079	2066			
180	2139	2169	2190	2202	2208	2209	2205	2203	2190			
185	2266	2297	2319	2331	2338	2336	2333	2324	2311			
190	2395	2429	2451	2464	2471	2470	2465	2455	2441			
195	2530	2564	2588	2601	2607	2607	2601	2590	2575			
200	2667	2704	2728	2742	2748	2747	2741	2729	2712			
205	28 8	2845	2871	2885	2892	2891	2883	2871				
210	2953	2993	3019	3034	3040	3038	3031	3017				
215	3102	3143	3170	3186	3191	3189	3180	3166				
220	3254	3298	3325	3340	3346	3344	3335	3320				
225	3411	3456	3484	3500	3505	3503	3493	3476				
230	3571	3617	3646	3663	3668	3665	3654	3636				
235	3736	3784	3814	3829	3835	3832	3820	3801				
240	3904	3953	3984	4000	4006	4000	3988	3968				
245	4075	4126	4158	4175	4180	4175	4161	4139				
250	4251	4303	4335	4352	4357	4351	4342	4313				
255	4430	4484	4517	4534	4538	4532	4516	4496				

ЗЕМЛИ И РЕФРАКЦИЮ РАДИОВОЛН В АТМОСФЕРЕ

угла в делениях угломера

03-20	03-40	03-60	03-80	04-00	04-20	04-40	04-60	04-80	05-00	06-00	07-00	08-00	09-00	10-00	11-00
22	22	21	21	20	20	20	20	19	19	17	13	11	8	6	3
35	34	33	33	33	32	31	30	31	30	26	22	17	13	9	6
51	50	49	49	48	47	47	45	44	44	38	32	26	19	14	9
70	69	68	68	66	66	64	62	62	60	53	44	36	27	19	12
92	91	90	88	88	87	84	83	81	80	70	59	47	36	25	16
118	117	115	114	112	111	108	106	104	101	90	75	61	47	32	21
148	146	144	142	140	137	135	133	130	127	112	94	76	58	41	
180	178	176	173	170	168	165	162	159	155	136	114	93	70	50	
216	213	210	208	205	201	198	194	190	186	163	138	112	85	61	
255	252	250	246	242	238	234	229	224	219	193	163				
298	295	291	286	283	277	273	264	262	257	225	190				
344	340	336	332	326	321	315	309	302	296	260					
393	389	384	379	373	367	360	353	346	338						
447	441	436	429	423	416	408	401	393	384						
502	497	491	483	477	468	460									
563	556	549	542	533	524	513									
625	619	611	602	593	582										
693	684	676	666												
762	753	744													
836	826														
913															
994															

D км	Значения вертикального угла в делениях угломера							
	00—80	01—00	01—20	01—40	01—60	01—80	02—00	02—20
260	4613	4669	4702	4720	4724	4717	4700	4675
265	4800	4857	4891	4909	4913	4904	4888	4860
270	4990	5049	5084	5102	5106	5096	5078	5050
275	5186	5245	5281	5298	5302	5292	5272	5243
280	5383	5445	5481	5499	5501	5492	5470	5439
285	5585	5648	5686	5704	5705	5695	5672	5639
290	5792	5856	5894	5911	5913	5901	5878	5844
295	6001	6067	6106	6124	6125	6111	6086	6051
300	6215	6282	6322	6340	6340	6325	6299	6261

Редактор *И. Н. Наседкина*Техн. ред. *В. Н. Силкина*Корректор *Л. Б. Афанасьева*

Т-14244 Сдано в набор 9/Х—1975 г. Подписано к печати 25/ХІ—1975 г.

Изд. № 58 Индекс М-М-58 Печ. л. 2, 375 Уч.-изд. л. 2,29 Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Зак. 706

Бесплатно

Тираж 1000

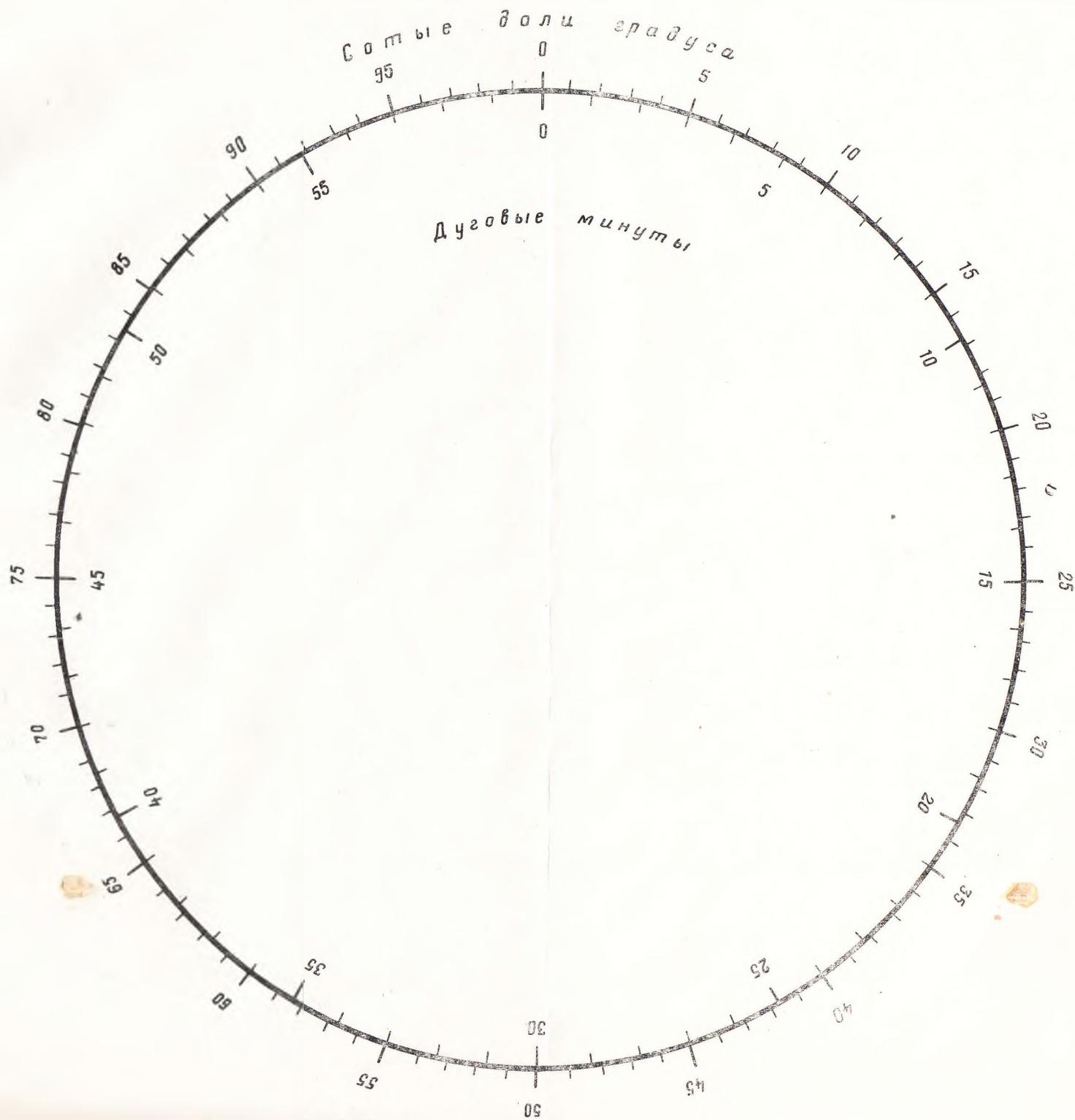
Московское отделение Гидрометеоздата. Москва 107061. Бужениновская ул. 42/1

1-я типолитография УСнС ГУГМС. Москва, Измайловское шоссе, 42.

сание приложения 2

угломера

02--00	02--20
4700	4675
4888	4860
5078	5050
5272	5243
5470	5439
5672	5639
5878	5844
6086	6051
6299	6261



ред. В. Н. Силкина

печати 25/XI—1975 г.

29) Формат 60×90<sup>1/16</sup>

Тираж 1000

ужениповская ул. 42/1

вское шоссе, 42.

