

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

А.Г. САЕНКО

ШАРОПИЛОТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Пособие для учебной практики

Санкт-Петербург
2017

ББК
УДК

А.Г. Саенко. Шаропилотные наблюдения. Пособие для учебной практики. – СПб.:
2017 – 83 с.

Рецензенты:

В книге изложены

Однопунктные шаропилотные наблюдения.

Метод шаров-пилотов, наблюдаемых с одного пункта, является наиболее простым методом измерения ветра в свободной атмосфере.

Шар-пилот представляет собой эластичную оболочку из синтетического каучука, наполненную водородом или гелием с таким расчётом, чтобы шар обладал некоторой подъёмной силой. Шар-пилот выпущенный в свободный полёт, подымается вверх и одновременно увлекается по горизонтали ветром. Благодаря малой массе шар движется в воздушном потоке практически без инерции. Определяя скорость и направление горизонтального смещения шара через определённые интервалы времени, можно получить среднюю скорость и направление ветра в слое атмосферы, который был пройден шаром за данный интервал времени. Наблюдение за полётом шара в пространстве производят с помощью специальных аэрологических теодолитов. При этом измеряют вертикальный и горизонтальный углы, под которыми виден шар в определённые моменты времени.

Вертикальную скорость шара при обработке однопунктных шаропилотных наблюдений принимают постоянной за всё время полёта. Это допущение позволяет вычислять высоту шара-пилота для каждого момента времени. По высоте шара, вертикальному и горизонтальному углам находят проекции шара на горизонтальную плоскость. По горизонтальным проекциям шара, отнесённым к определённым моментам времени, определяют скорость и направление ветра в том или ином слое атмосферы.

При плановых наблюдениях в стандартные сроки в случае неблагоприятных погодных условий, не позволяющих видеть шар, выпуск следует перенести, но не более чем на 2 ч после установленного срока. Причины задержки выпуска или отсутствия наблюдений в данный срок должны быть указаны в книжке для записи шаропилотных наблюдений КАЭ-1 (приложение 1) и в таблице ТАЭ-2. Низкая облачность или сильный ветер не являются причиной переноса срока или отмены наблюдения. Неблагоприятными условиями, при которых наблюдения не производят, являются умеренные или сильные осадки, дымка, низкий туман, мгла, низовая метель, если эти явления не позволяют видеть шар.

Наблюдения в стандартные сроки ведут до разрыва оболочки или до момента, когда шар сольётся с фоном или закроется облаком. Наблюдения, производимые по специальным заданиям, могут быть прекращены по достижении требуемой высоты.

Место для производства наблюдений за шарами-пилотами должно быть открытое (вертикальный угол закрытости горизонта не должен превышать 5°). Когда вблизи станции нет места с горизонтом, открытым во всех направлениях, используют переносную установку. Теодолит для каждого случая устанавливают на штативе, так чтобы местные предметы не закрывали горизонта в направлении ожидаемого сноса шара ветром. Это направление определяют по наземному ветру и движению облаков.

Недопустимо располагать наблюдательную площадку в местах частого задымления и образования местных туманов. Следует учитывать характер почвы. Нельзя устанавливать теодолит на песке или болотистой почве из-за возможного оседания почвы.

Шаропилотные оболочки изготавливают неокрашенные или цветные из синтетического каучука (латекса), способного значительно растягиваться при уменьшении плотности воздуха. Это условие определяет достаточное постоянство вертикальной скорости почти во все время подъема, если отсутствует диффузия газа. Кроме эластичности, оболочки должны обладать малой газопроницаемостью. Оболочки снабжены аппендиксом, через который производится наполнение газом. Для придания ему необходимой прочности аппендикс делают из материала в 10 - 20 раз более толстого, чем основная оболочка.

Для лучшей видимости шаров-пилотов при наблюдениях в условиях облачного неба оболочки окрашиваются в красный, черный и другие цвета. При безоблачной погоде

применяют светлые шары, которые хорошо видны на фоне голубого неба, при разорванной облачности рекомендуется использовать красные, а при сплошной облачности – чёрные оболочки. Для улучшения видимости шара-пилота в темное время суток к нему подвешивают специальный источник света – шаропилотный фонарик.

Оболочки транспортируют и хранят в картонных коробках и во избежание склеивания пересыпают тальком. Для шаропилотных наблюдений применяют оболочки, характеристики которых указаны в таблице 1.

Таблица 1.

Основные параметры шаропилотных оболочек

№ оболочки	Диаметр оболочки в нераздутом состоянии (см)	Масса (г)	Нормы максимального наполнения		Вертикальная скорость шара-пилота при максимальном наполнении (м/мин)	Разрывной диаметр (см)
			Длина окружности (см)	Грузоподъёмность (г)		
10	10	10-15	140	35-40	130-140	50
20	20	30-40	250	200-230	200-220	100
30	30	75-90	280	300-350	230-240	150

Выбор размера оболочек для наблюдений производят в каждом отдельном случае в зависимости от ветра и облачности. Учитывая, что шар с малой вертикальной скоростью при сильном ветре может очень быстро скрыться из поля зрения наблюдателя. Оболочки №10 следует использовать только при слабом ветре и низкой облачности. Оболочки №20 выпускают при облаках среднего яруса и ветре у земли меньше 10 м/с. Оболочки №30 – для достижения больших высот при ясной погоде независимо от скорости ветра, либо при наличии облаков верхнего или среднего яруса и сильном ветре (более 10 м/с).

Хранить оболочки необходимо в заводской упаковке при умеренной влажности и температуре от 0 до 20 °С, при этом не допускать возможности попадания на оболочки масла, кислот и соприкосновения их с режущими и царапающими предметами.

С течением времени оболочки теряют свою эластичность. Для восстановления эластичности оболочек их нужно прогреть в специальном термостате в течение 15 - 20 мин при температуре 70 - 80 °С. Можно разогреть оболочки опусканием на 5 - 7 мин в горячую воду при той же температуре (предварительно завязав аппендикс).

Шаропилотные оболочки обычно наполняются водородом и сравнительно редко – гелием.

Химически чистом виде водород представляет собой газ без запаха и цвета, он самый лёгкий из всех существующих газов. При температуре 0 °С и давлении 1013 гПа 1 м³ водорода весит 0,09 кг, то есть водород в 14,4 раза легче воздуха. Удельная подъёмная сила химически чистого водорода при указанных условиях составляет 1,293 – 0,090 = 1,203 кг. Технический водород, применяемый для наполнения оболочек, содержит примеси, которые утяжеляют его и уменьшают подъёмную силу которая в среднем составляет 1,1-1,15 кг.

При доступе воздуха или кислорода водород горит. В смеси с кислородом воздуха водород образует гремучий газ, который взрывается от огня или искры, если примесь воздуха к водороду составляет от 25 до 96%. Присутствие пыли в водороде делает его носителем зарядов статического электричества, и может создать благоприятные условия для искрового разряда, а это может привести к возгоранию или взрыву водорода.

Гелий тяжелее водорода примерно в два раза, не горюч и поэтому безопасен. Плотность 1 м³ химически чистого гелия равна 0,179 кг, а удельная подъёмная сила равна

1,114 кг. Технический гелий содержит примеси за счёт чего его грузоподъёмность уменьшается до 0,95 кг.

Для наполнения шаропилотных оболочек применяется водород, добываемый на станции или получаемый в готовом виде в баллонах. Гелий на станцию доставляется в готовом виде в баллонах. Баллон представляет собой герметически закрывающийся сосуд цилиндрической формы с закруглённым дном. Длина баллона 1,6 м, наружный диаметр 20 см и толщина стенок 9 - 14 мм. Вес баллона составляет около 62 кг. В баллоне заключено 40 л газа в сжатом состоянии под давлением 150 атм. При нормальном давлении содержащийся в баллоне газ займёт объём 5 - 5,5 м³. Баллоны для водорода окрашиваются в зелёный цвет, для гелия – в коричневый. Кроме того, выходной штуцер вентиля водородного баллона, в отличие от баллона для гелия, имеет левую резьбу.

Гелий является идеальным газом для наполнения шаропилотных и радиозондовых оболочек. Его получают только в стационарных заводских условиях, поскольку технология получения достаточно сложна и дорога. Именно поэтому гелий используется только там, где по соображениям техники безопасности использование водорода исключено, например при организации шаропилотных или радиозондовых наблюдений в корабельных условиях.

Аэрологический теодолит – угломерный инструмент для измерения угловых координат при наблюдениях за шарами-пилотами. Теодолиты различных систем отличаются друг от друга конструкцией некоторых деталей и оптическими характеристиками. Однако общей особенностью всех аэрологических теодолитов является применение ломаной зрительной трубы для обеспечения возможности удобных и беспрепятственных наблюдений за движущимся шаром при различных его положениях, не исключая того когда шар находится в зените или вблизи от него. При таком устройстве при любом положении объектива окулярная часть трубы и глаз наблюдателя находятся в одной и той же горизонтальной плоскости.

В каждом аэрологическом теодолите должна быть предусмотрена возможность достаточно быстрого отсчета показаний, чтобы при большой скорости перемещения шаропилота он не вышел из поля зрения трубы за время производства отсчета.

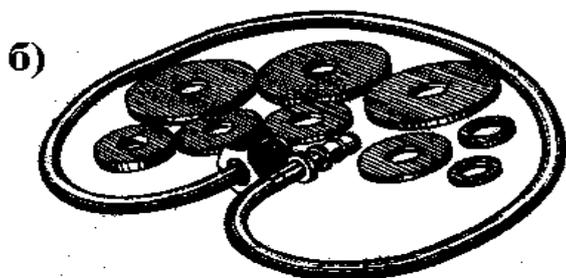
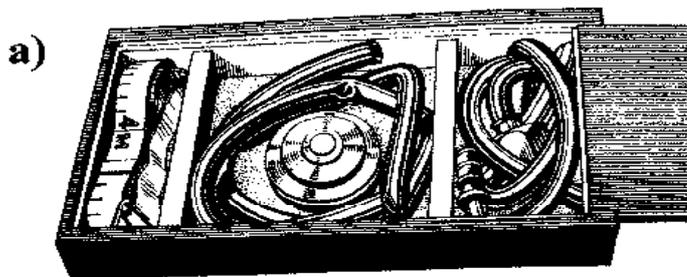


Рис. 1. Шаропилотный комплект ШК-50.

а – общий вид, б – резиновый шланг с разновесами.

Для первых моментов наблюдения после выпуска шара очень существенно иметь возможность значительных перемещений трубы от руки как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости с тем, чтобы в дальнейшем сразу можно было перейти к медленным ее перемещениям с помощью микрометрических винтов.

Оптическая система аэрологического теодолита должна обладать достаточным увеличением, хорошей светосилой и большим полем зрения. Выполнение этих требований позволяет без особого труда проводить наблюдения и в первые моменты после выпуска шара, и при больших его удалениях, и в условиях ночного времени.

В связи с тем, что в аэрологических теодолитах шары-пилоты наблюдаются на значительных расстояниях, совмещение их изображений с плоскостью креста или сетки (фокусировка) осуществляется одноразово (постоянная фокусировка на бесконечность), в результате чего изображение предмета всегда совпадает с плоскостью креста или сетки вне зависимости от дальности.

Для определения вертикальной скорости шара-пилота и наполнения его до стандартных скоростей используется шаропилотный комплект ШК-50 (рис. 1). В него входят: резиновый шланг длиной 1 м с накидной гайкой с одной стороны и наконечником с другой; переходной штуцер с ниппелем массой 24 г, который служит для регулировки наполнения шара; S-образный крючок массой 10 г; мягкая мерная лента и следующий набор разновесов:

Масса, г	100	40	30	20	10	4	3	2	1
Количество, шт.	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Для измерения длины окружности шара применяется мягкая лента, разделённая на сантиметры. Грузоподъёмность определяется подбором разновесов. На станции должны быть также весы до 200 г для взвешивания оболочек и шаропилотных фонариков.

Теодолит АШТ.

Теодолит АШТ является монокулярным оптическим прибором с двумя металлическими кругами, визиром и коленчатой зрительной трубой. Теодолит состоит из корпуса, объективной части, визира и стойки. Основные характеристики теодолита следующие: увеличение зрительной трубы 20^{\times} , угол поля зрения $2,2^{\circ}$, увеличение визира 4^{\times} , угол поля зрения визира $11,5^{\circ}$, цена деления шкал горизонтального и вертикального кругов $0,1^{\circ}$, точность отсчёта $0,01^{\circ}$, масса теодолита в футляре 8,2 кг, масса теодолита с подставкой 3 кг.

Корпус теодолита (5 рис.2) литой, к нему прикреплены все основные узлы и детали. Снизу прикреплена коническая вертикальная ось, опирающаяся на коническую баксу. На баксе закреплён винтами горизонтальный круг и фрикцион с наводящим устройством. При помощи этого устройства корпус можно вращать относительно горизонтального круга вручную при грубой наводке или с помощью червяка при точной наводке.

Для предохранения прибора от пыли и влаги снизу к корпусу прикреплено дно, на котором закреплён червяк, и электрические контакты. В средней части корпуса во втулках вращается полая горизонтальная ось, составляющая одно целое со зрительной трубой.

В верхней части корпуса находится цилиндрический уровень (2 рис.3) и буссоль (3 рис.3). Передняя стенка буссоли у южного конца магнитной стрелки изготовлена из оргстекла. На ней имеется индекс – штрих, против которого при ориентировании теодолита устанавливают южный конец магнитной стрелки. Для закрепления стрелки в нерабочем положении служит винт арретира.

Объективная часть теодолита закреплена на горизонтальной оси тремя стопорами. Она состоит из корпуса, объектива в оправе (6 рис.2) и прямоугольной призмы. Для грубого наведения на шар-пилот на корпусе установлен целик (1 рис.3).

Визир имеет большой угол поля зрения и предназначен для облегчения наводки теодолита на шар-пилот в первые минуты наблюдения, когда он перемещается с большими угловыми скоростями. Он состоит из корпуса, объектива в эксцентрической оправе (7 рис.2) и выключаемой прямоугольной призмы и прикреплён к вертикальному кругу. Включение призмы осуществляют поворотом рукоятки визира (8 рис.2), обозначенной буквой «В». В корпусе визира встроен механизм смены светофильтров.

Включение того или иного светофильтра производят рукояткой (3 рис.2), обозначенной буквой «С».

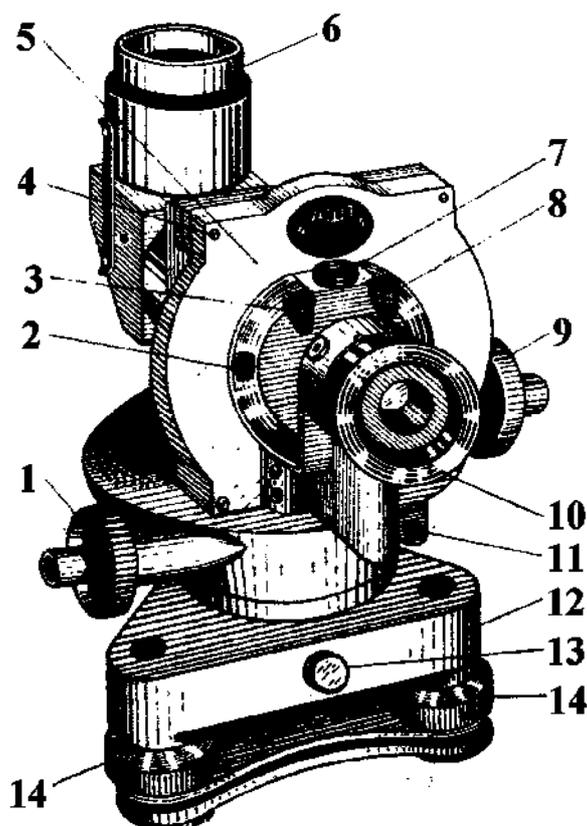


Рис. 2. Общий вид теодолита АШТ.

1, 9 – наводящие винты, 2, 11 – заглушки,
3 – рукоятка светофильтра, 4 – винты,
5 – корпус, 6 – объектив в оправе,
7 – объектив визира, 8 – рукоятка визира,
10 – окуляр, 12 – подставка, 13 – зажимной
винт, 14 – подъёмные винты.

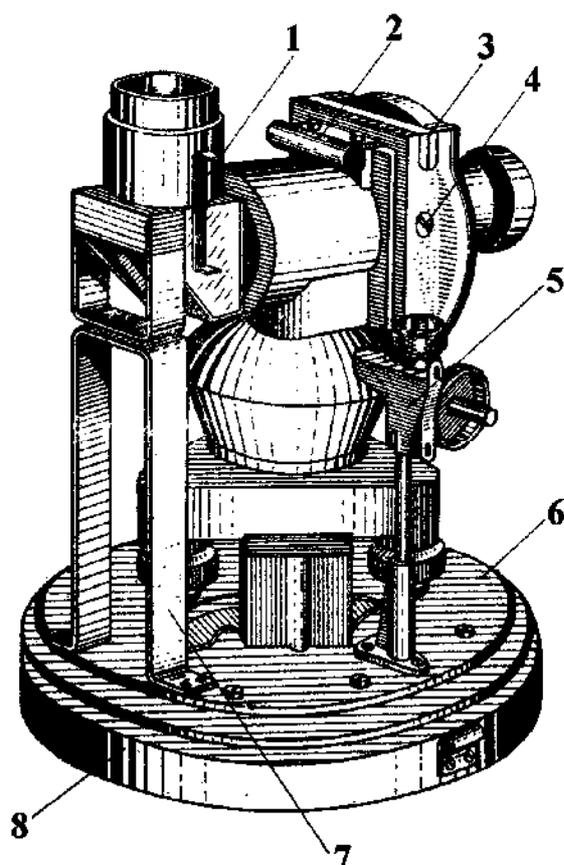


Рис. 3. Теодолит АШТ с установочным основанием.

1 – целик, 2 – уровень, 3 – буссоль с индексом, 4 – крышка, 5 – прижимы, 6 – плата, 7 – стойка с пружиной, 8 – основание.

Стойка винтами и штифтами укреплена на передней крышке корпуса. Внутри корпуса стойки укреплены сетка, отсчётная система и лампочки для подсветки лимбов и сетки. К корпусу стойки винтами прикреплен окуляр (10 рис.2). Он состоит из втулки, оправы окуляра с закреплёнными в ней линзами, диоптрийного кольца и резинового наглазника.

В теодолите имеются три оптические системы: зрительная, система визира и отсчётная. Изображение, передаваемое каждой системой на плоскость сетки, рассматривают через один общий окуляр.

Зрительная система предназначена для наблюдения за летящим шаром-пилотом. Она состоит из объектива (1 рис.4), прямоугольной отражательной призмы (2 рис.4), светофильтра (10 рис.4), сетки (4 рис.4) и окуляра (5 рис.4). В нижней части сетки находится диафрагма, ограничивающая поле зрения отсчётной системы. На ту часть сетки, в которой расположено перекрестие, передаётся изображение шара-пилота, одновременно на нижнюю часть, ограниченную диафрагмой, передаётся изображение участков вертикального и горизонтального кругов.

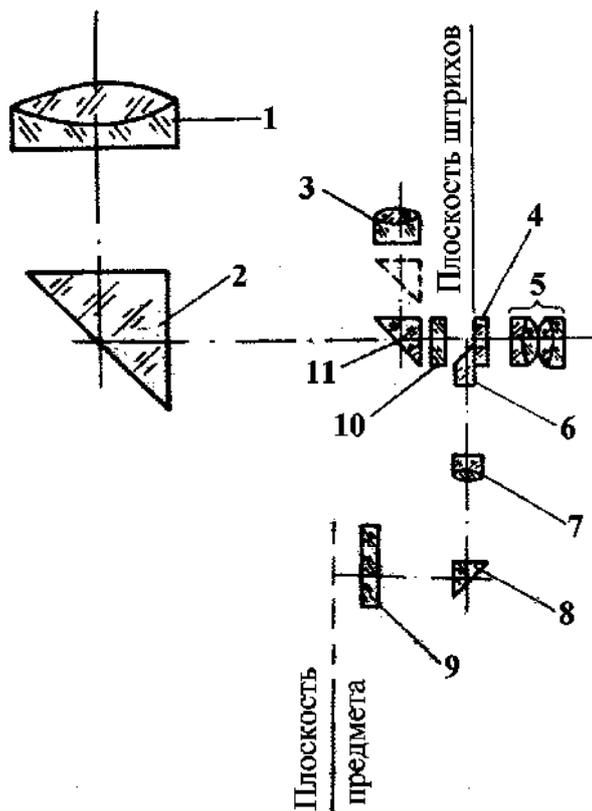


Рис. 4. Оптическая схема теодолита АШТ.

- 1 – объектив зрительной трубы,
 2, 6, 8, 11 – призмы, 3 – объектив визира,
 4 – сетка, 5 – окуляр, 7 – объектив отсчётной системы, 9 – защитное стекло,
 10 – светофильтр.

Система визира состоит из объектива (3 рис.4), откидной прямоугольной призмы (11 рис.4), светофильтра (10 рис.4), сетки (4 рис.4) и окуляра (5 рис.4). Систему визира можно включать и выключать перемещением призмы (7 рис.4).

Отсчётная система предназначена для снятия отсчётов с вертикального и горизонтального кругов при наблюдении за шаром-пилотом. Она состоит из защитного стекла (9 рис.4), прямоугольной призмы (8 рис.4), объектива отсчётной системы (7 рис.4), призмы (6 рис.4), сетки (4 рис.4) и окуляра (5 рис.4). Защитное стекло является окном для подсветки металлических лимбов, а также предохраняет их от влаги, пыли и грязи.

Объектив (7 рис.4) через защитное стекло и призмы передаёт изображение участков вертикального и горизонтального кругов на сетку. В нижнее окно диафрагмы, обозначенное буквой «В», передаётся изображение участка шкалы вертикального круга, а в верхнее, обозначенное буквой «Г» - изображение шкалы горизонтального круга (рис. 5). Круги штрихами разделены на 3600 равных частей. Цена каждого деления $0,1^\circ$. Отсчёт производят

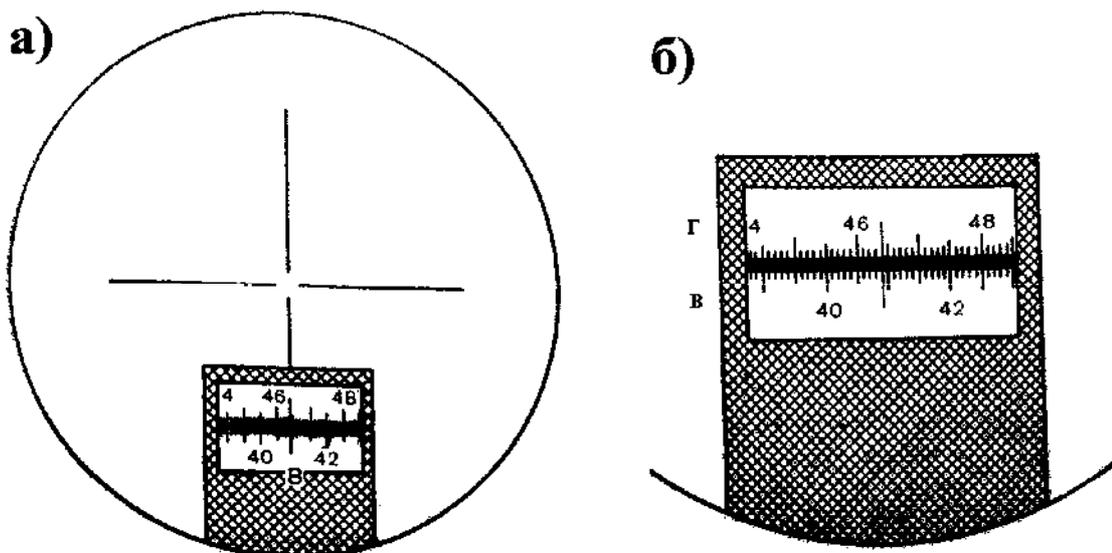


Рис. 5. Поле зрения отсчётного микроскопа и зрительной трубы (а) теодолита АШТ и только отсчётного микроскопа (б).

Отсчёт по горизонтальному кругу $46,40^\circ$.

Отсчёт по вертикальному кругу $40,90^\circ$.

по индексу, нанесённому на сетку, с точностью $0,1^\circ$.

Для работы в тёмное время суток теодолит имеет электрическое освещение горизонтального и вертикального кругов а также сетки. Источником электрического питания служит аккумулятор или любой другой источник постоянного тока напряжением 2,5 В.

Теодолит 2АШТ.

Теодолит состоит из следующих основных частей: узлов вертикальной и горизонтальной осей, оптического визира, оптического визира, зрительной трубы, отсчётного микроскопа, окуляра, уровня, наводящих винтов и подставки.

В теодолите один окуляр используется для трёх оптических систем – зрительной трубы, визира и отсчётного микроскопа. Изображение, передаваемое каждой системой на плоскость штрихов сетки (9 рис.8), рассматривается через общий окуляр (10 рис.8). Визир предназначен для поиска и предварительного наведения на шар-пилот, зрительная труба служит для точного наведения. Визир имеет большой угол поля зрения, что облегчает поиск цели. Зрительная труба имеет значительно большее увеличение чем визир, но меньший угол поля зрения, что обеспечивает точное визирование на цель. Переключение зрительной трубы и визира на один окуляр производится введением призмы с помощью рукоятки (2 рис.6), при введении наблюдают поле зрения визира, при выведении – поле зрения зрительной трубы. Объектив визира вставлен в эксцентриковую оправу, вращением которой визирную ось визира устанавливают в одной плоскости с визирной осью зрительной трубы.

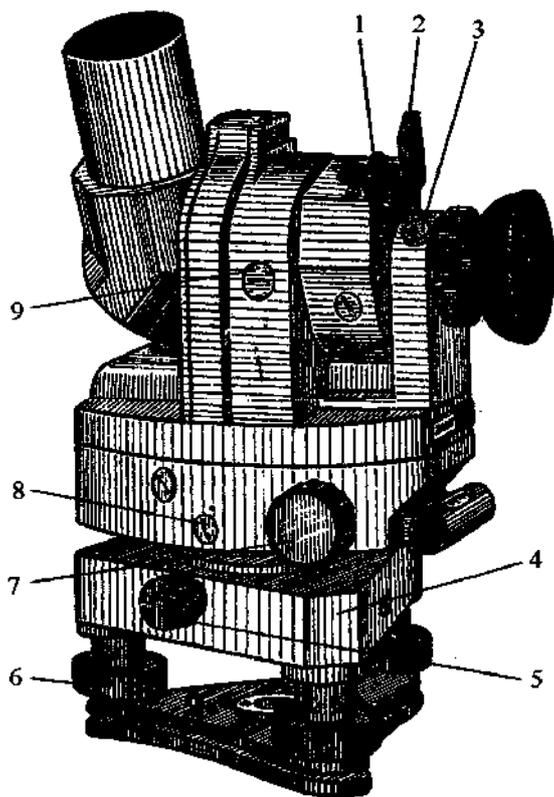


Рис. 6. Теодолит 2АШТ со стороны окуляра.

1, 2, – рукоятки, 3 – лампа, 4 – подставка,
5 – зажимной винт, 6 – подъёмный винт,
7 – горизонтальный наводящий винт,
8, 9 – резьбовые пробки.

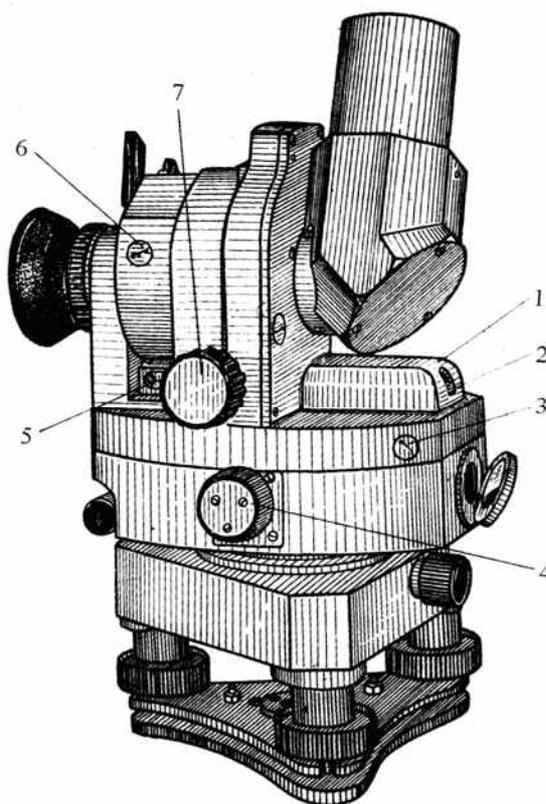


Рис. 7. Теодолит 2АШТ со стороны объектива.

1, 5 – крышки, 2 – винт, 3, 6 – пробки,
4, – рукоятка перевода лимба
горизонтального круга,
7 – вертикальный наводящий винт.

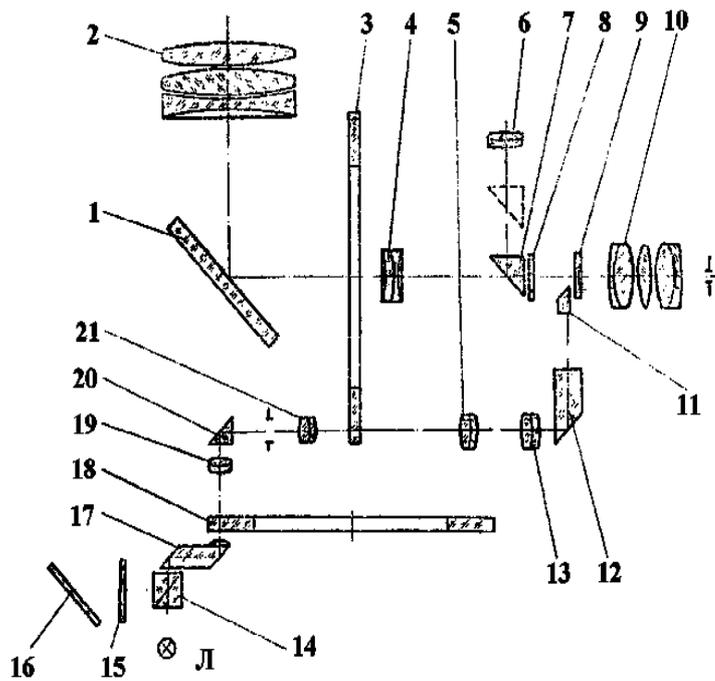


Рис. 8. Оптическая схема теодолита 2АШТ.

- 1 – зеркало, 2 – объектив, 3 – вертикальный круг, 4 – фокусирующая линза, 5, 13, 19, 21 – линзы, 6 – объектив визира, 7 – подвижная призма, 8 – сменный светофильтр, 9 – сетка, 10 – окуляр, 11, 12, 20 – призмы, 14 – призма-куб, 15 – иллюминатор, 16 – поворотное зеркало, 17 – призма с коллективом, 18 – горизонтальный круг, Л – лампа.

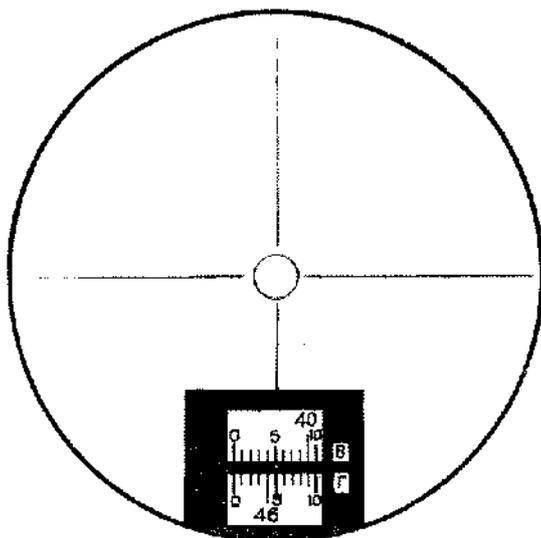


Рис. 9. Вид поля зрения отсчётного микроскопа теодолита 2АШТ.

Отсчёт по вертикальному кругу 40,90°.
Отсчёт по горизонтальному кругу 46,40°.

В корпусе визира расположена турель со сменными светофильтрами. Переключение светофильтров осуществляют рукояткой (1 рис.6) устанавливаемой в трёх положениях: для работы в ночных условиях и пасмурную погоду, на фоне яркого неба, на участках вблизи солнца. При этом в оптическую систему вводятся бесцветный, оранжевый, жёлто-зелёный светофильтры соответственно.

Отсчётный микроскоп предназначен для считывания показаний с угломерных кругов и разделён на две части для горизонтальных и вертикальных отсчётов (рис. 9).

Вертикальный круг, как и горизонтальный, представляют собой стеклянное кольцо, на поверхности которого нанесены штрихи и цифры через 1°.

Отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам берут по шкалам с оценкой на глаз десятых долей деления, что соответствует 0,01°. Если отсчет

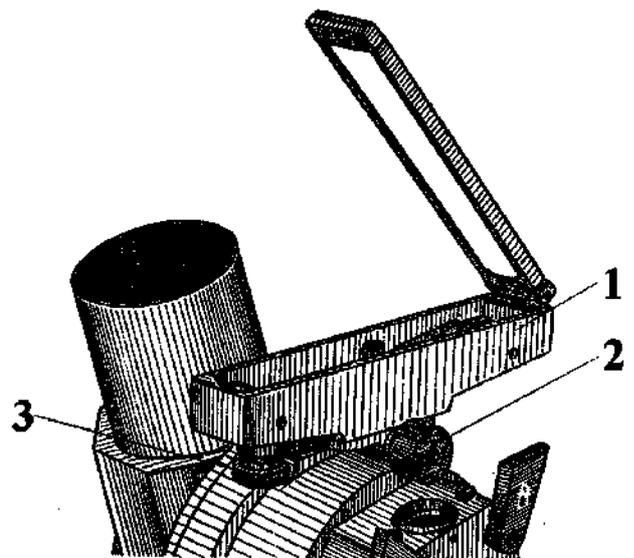


Рис. 10. Ориентир-буссоль.

- 1 – ориентир-буссоль, 2 – закрепительный винт, 3 – винт арретира.

по вертикальному кругу меньше нуля, то к нему берут дополнение до 360° и записывают со знаком минус.

Окуляр служит для рассматривания изображения шара-пилота, спроецированного на сетку, на которой нанесено перекрестие и окружность в центре, объективом зрительной трубы или объективом визира, а также изображений угломерных кругов и отсчётных шкал (рис.8). С помощью диоптрийного кольца можно регулировать резкость изображения в окуляре в пределах ± 5 диоптрий.

Уровнем горизонтируют теодолит – выставляя его вертикальную ось отвесно. Подставка служит для установки теодолита на штативе или тумбе с помощью резьбового соединения М16х1,5. Три подъёмных винта служат для горизонтирования теодолита по уровню.

Ориентир-буссоль (рис. 10) служит для ориентирования теодолита относительно магнитного меридиана. Буссоль устанавливают в паз в верхней части колонки и закрепляют винтом. За положением магнитной стрелки наблюдают в зеркале, которому придают нужный наклон. Северный конец стрелки окрашен в синий цвет. После окончания работы магнитную стрелку арретируют вращением винта.

Для работы в тёмное время суток теодолит имеет электрическое освещение горизонтального и вертикального кругов а также сетки. Источником электрического питания служит аккумулятор или любой другой источник постоянного тока напряжением 2,5 В.

Футляр теодолита предназначен для предохранения прибора от влаги, пыли и механических повреждений при транспортировке и хранении.

Основные характеристики теодолита следующие: увеличение зрительной трубы 20^{\times} , угол поля зрения 2° , увеличение визира 4^{\times} , угол поля зрения визира 11° , цена деления шкал горизонтального и вертикального кругов $0,1^\circ$, точность отсчёта $0,01^\circ$, масса теодолита в футляре 7,2 кг, масса теодолита с подставкой 3 кг.

Планшет А-30.

Планшет аэрологический А-30 предназначен для графического определения скорости и направления ветра в слоях атмосферы по результатам шаропилотных наблюдений. Планшет состоит из следующих основных частей:

- круглого металлического основания (1 рис.11), на одной из плоскостей которого отпечатана номограмма Молчанова;
- подвижного радиуса (3 рис.11), выполненного в виде прозрачной линейки, которую можно свободно перемещать по плоскости основания планшета и вращать относительно центра номограммы;
- подвижного прозрачного диска (2 рис.11), снабженного по его внешней окружности градусными делениями, укрепленного поверх радиуса-линейки на основании планшета и вращающегося вокруг центра номограммы;
- цапфы (4 рис.11), при помощи которой осуществляется взаимное соединение основания планшета с подвижным радиусом-линейкой и диском;
- чехла для хранения и переноски планшета.

Определение скорости и направления ветра в слоях атмосферы при помощи планшета основано на графическом построении горизонтальных проекций пути свободнолетающего шара-пилота за время, в течение которого шар-пилот, поднимаясь в вертикальном направлении, отклоняется от вертикали под влиянием ветра, господствующего в каждом из слоёв атмосферы, пересекаемых шаром-пилотом.

Правая половина круга номограммы, центр которого принимается за местонахождение аэрологического теодолита, имеет шкалу с делениями от 0 до 90° , соответствующую шкале вертикального лимба аэрологического теодолита. Для

достижения большей точности графических вычислений деления этой шкалы удвоены относительно углового масштаба, и цена каждого из деления полуокружности равна $0,5^\circ$. Оцифровка шкалы произведена через 5° .

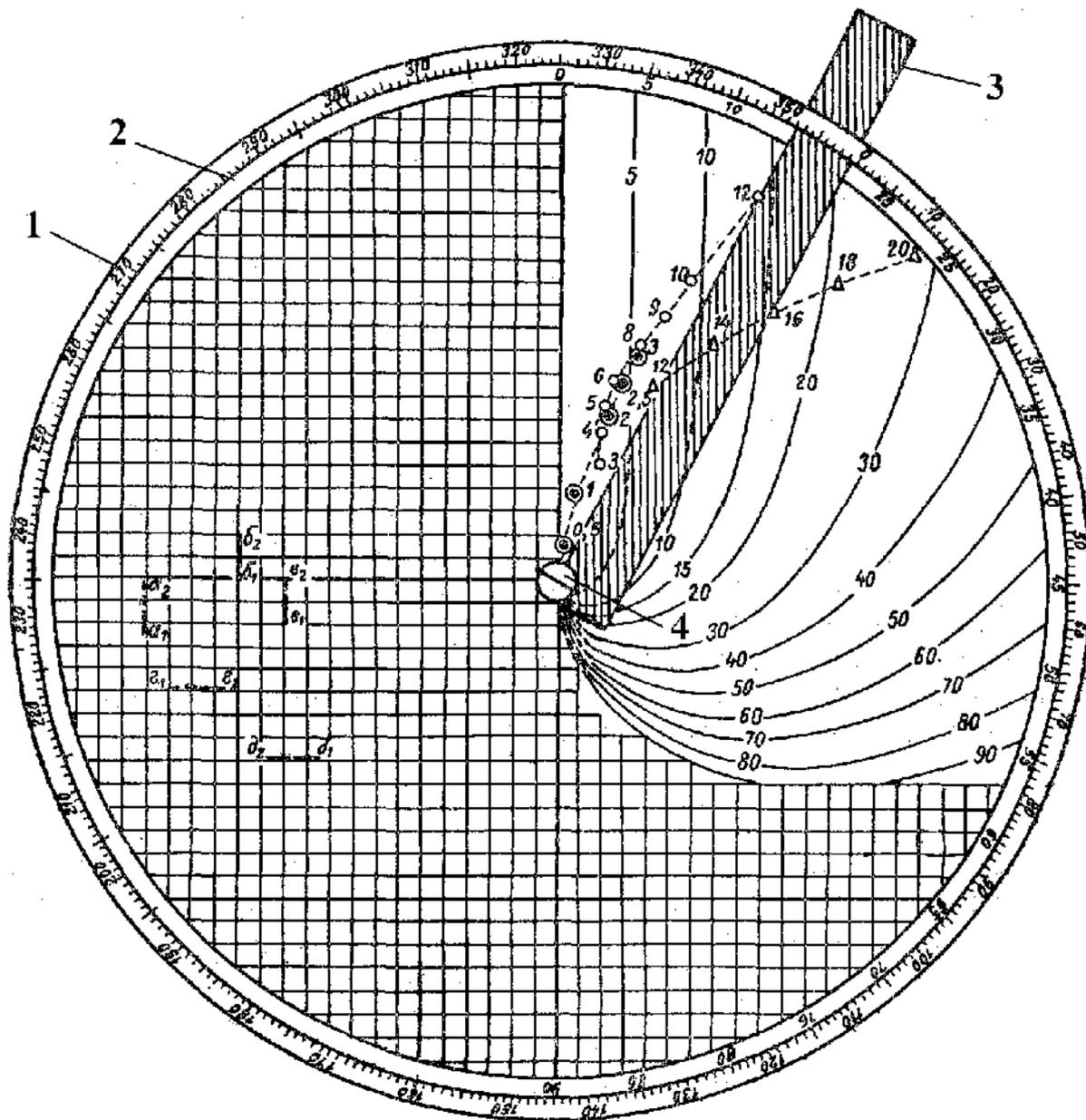


Рис. 11. Планшет аэрологический А-30.

1 – металлическое основание, 2 – подвижный прозрачный диск, 3 – подвижная прозрачная радиус-линейка, 4 – цапфа соединяющая основание планшета с радиус-линейкой и диском.

В правой части круга в определённом расчётном масштабе нанесены кривые горизонтальных удалений проекции шара-пилота от центра круга номограммы. Кривые построены по данным, полученным по уравнению:

$$D = H \operatorname{ctg} \delta \quad (1)$$

где D – горизонтальное удаление шара, H – высота шара, δ – вертикальный угол, отсчитанный от горизонта. Цифры на кривых означают высоты в сотнях метров. До

высоты 2000 м кривые проведены для каждых 100 м, с 2000 до 6000 м – через каждые 200 м и с 6000 до 9000 – через каждые 500 м высоты. Точки первой кривой соответствуют горизонтальным удалениям проекции шара-пилота от центра номограммы, вычисленным по различным значениям вертикальных углов для высоты 100 м, точки второй кривой – для высоты 200 м и так далее.

На остальной части круга номограммы нанесена прямоугольная сетка. Сторона каждого малого квадрата этой сетки равна 2 мм, что соответствует 60 м на местности. Сетка служит для определения значений скорости ветра путём совмещения измеряемого вектора горизонтальной проекции пути шара-пилота, нанесённого на подвижный прозрачный диск планшета, с какой-либо прямой линией этой сетки. По количеству квадратиков сетки, уместившихся на длине измеряемого вектора, определяется скорость ветра в метрах за наблюдаемый отрезок времени.

Подвижный радиус-линейка служит для построения проекций шара по значениям вертикальных и горизонтальных углов, измеренных с помощью аэрологического теодолита при шаропилотных наблюдениях. Во время работы необходимо пользоваться только рабочей гранью линейки, проходящей через центр круга номограммы.

На подвижном диске нанесена окружность, разделённая аналогично горизонтальному лимбу аэрологического теодолита на 360 градусных делений с оцифровкой углов через 10°. Плоскость диска предназначена для графических построений горизонтальных проекций пути шара-пилота.

Определение скорости и направления ветра в слоях атмосферы при помощи планшета основано на графическом построении горизонтальных проекций пути свободнолетающего шара-пилота за время, в течение которого шар-пилот, поднимаясь в вертикальном направлении, отклоняется от вертикали под влиянием ветра, господствующего в каждом из слоёв атмосферы, пересекаемых шаром-пилотом. Горизонтальные проекции пути шара-пилота наносят на подвижный диск планшета, сквозь который просматриваются кривые номограммы.

Установка и проверка теодолита.

Перед наблюдением теодолит устанавливается на штативе или на специально вырытом столбе на площадке аэрологической станции. После установки теодолит подготавливается для наблюдений. Подготовка теодолита к шаропилотному наблюдению состоит из следующих операций: нивелировки, регулировки окуляра и ориентировки.

При пользовании теодолитом нужно соблюдать следующие правила:

- Перевозку, переноску и хранение теодолита должны производить только в футляре.

- Закрывая крышку футляра, не следует применять силу. Если крышка свободно не закрывается, то теодолит уложен неправильно, и надо найти и устранить причину.

- Нельзя оставлять теодолит на штативе, не укрепив его становым винтом. Не следует также переносить теодолит вместе со штативом. После окончания наблюдений теодолит нужно снять со штатива и убрать в ящик.

- При наличии в стационарных условиях специального столба для установки теодолита в условиях, обеспечивающих его сохранность, теодолит можно оставлять укреплённым на столбе между наблюдениями. В этом случае теодолит должен быть укрыт футляром, надёжно предохраняющим его от воздействия осадков и пыли.

- Если теодолит попадает под дождь, необходимо по окончании работы тщательно протереть его чистой сухой тряпкой, объектив осторожно протереть замшей или чистой ваткой.

- В процессе работы с теодолитом как при установке и укладке, так и при наблюдениях и чистке его не разрешается прикасаться руками к стёклам оптической системы.

- Удаление пыли со стёкол необходимо производить сухой чистой кисточкой. Совершенно недопустимо протирать стёкла пальцем.

- Теодолит нужно хранить в сухом помещении.

Теодолит в рабочем положении должен устанавливаться так, чтобы его вертикальная ось совпадала с отвесом. Подобная установка теодолита называется нивелировкой и производится сначала на глаз, а затем установочными винтами теодолита при помощи уровня.

Установку и закрепление теодолита в полевых условиях на штативе нужно производить в следующем порядке:

1) освободив зажимные замки, установить штатив так, чтобы его верхняя часть была на глаз горизонтальна, вдавить ножки штатива в грунт и закрепить замки;

2) вынуть теодолит из футляра;

3) взять теодолит за основание, поставить его на штатив и немедленно прикрепить станковым винтом штатива;

4) снять крышку с объектива и убрать на время работы в футляр, футляр закрыть.

Установку теодолита АШТ (2АШТ) по уровню производят следующим образом. Алидаду теодолита устанавливают так, чтобы уровень расположился параллельно направлению двух подъёмных винтов подставки. Вращением этих винтов в противоположных направлениях выводят пузырёк уровня на середину. Поворачивают алидаду на 90° и третьим подъёмным винтом устанавливают пузырёк уровня на середину. Затем поворачивают алидаду на 180° . Если пузырёк отклонился от среднего положения более одного деления шкалы, то одну половину отклонения исправляют подъёмным винтом подставки, а другую – юстировочными винтами уровня. Регулировку производят одновременно обоими юстировочными винтами, откручивая один и закручивая другой. Если уровень установлен правильно, то при последующем вращении теодолита вокруг вертикальной оси пузырёк уровня не будет смещаться. Точной установки достигают в несколько приёмов.

Перед началом наблюдений следует произвести фокусировку окуляра зрительной трубы теодолита. Фокусировку всегда должен производить человек, ведущий наблюдение. Фокусировка имеет целью получение одновременно резкого изображения наблюдаемого шара-пилота и креста нитей. Для фокусировки окуляра нужно направить зрительную трубу на хорошо видимый предмет, расположенный на расстоянии 200 - 250 м, и вращая кремальеру окулярной трубки, добиться резкого изображения этого предмета и креста нити.

Параллакс является следствием неправильной установки креста нитей относительно главной фокальной плоскости объектива. Определение параллакса производится следующим образом. Смотрят в окуляр на миру, смещают глаз вправо и влево, вверх и вниз. Если при этом точка, на которую сделана наводка, не сходит с центра креста нитей, то параллакса нет. В случае его наличия он не должен превышать 1 мм смещения изображения от центра креста нитей. Если значение параллакса превышает 1 мм, то теодолит неисправен, его надо отдать в ремонт.

Ориентировку теодолита по сторонам света производят так, чтобы при направлении объектива трубы на север отсчёт по горизонтальному кругу был равен 0° . Тогда при направлении объектива на восток отсчёт будет равен 90° , на юг – 180° и на запад – 270° .

Ориентировку можно производить по магнитной стрелке или по миру. Ориентировка по миру проще и точнее, однако применима только для стационарной установки теодолита (на столбе). Миррой может служить какая-нибудь труба, шпиль, мачта или другой подобный предмет располагающийся не ближе 250 м от пункта

наблюдений, азимут которого определён заранее. Для ориентировки переносных теодолитов, устанавливаемых на штативе, пользуются магнитной стрелкой.

Географические и магнитные полюса не совпадают, поэтому северная стрелка магнитного компаса в общем случае указывает на северный магнитный полюс, который находится примерно в 560 км (для эпохи 2010 года) от географического, и кроме того, магнитные полюса постоянно дрейфуют. Если же поблизости присутствуют сильные локальные магнитные аномалии, то стрелка компаса не будет указывать и на магнитный полюс. Но в любом случае стрелка компаса направлена вдоль силовых линий магнитного поля земли.

Магнитное склонение считается восточным (положительным), если северный конец магнитной стрелки компаса отклонен к востоку от географического меридиана, и западным (отрицательным) — если к западу (рис.12).

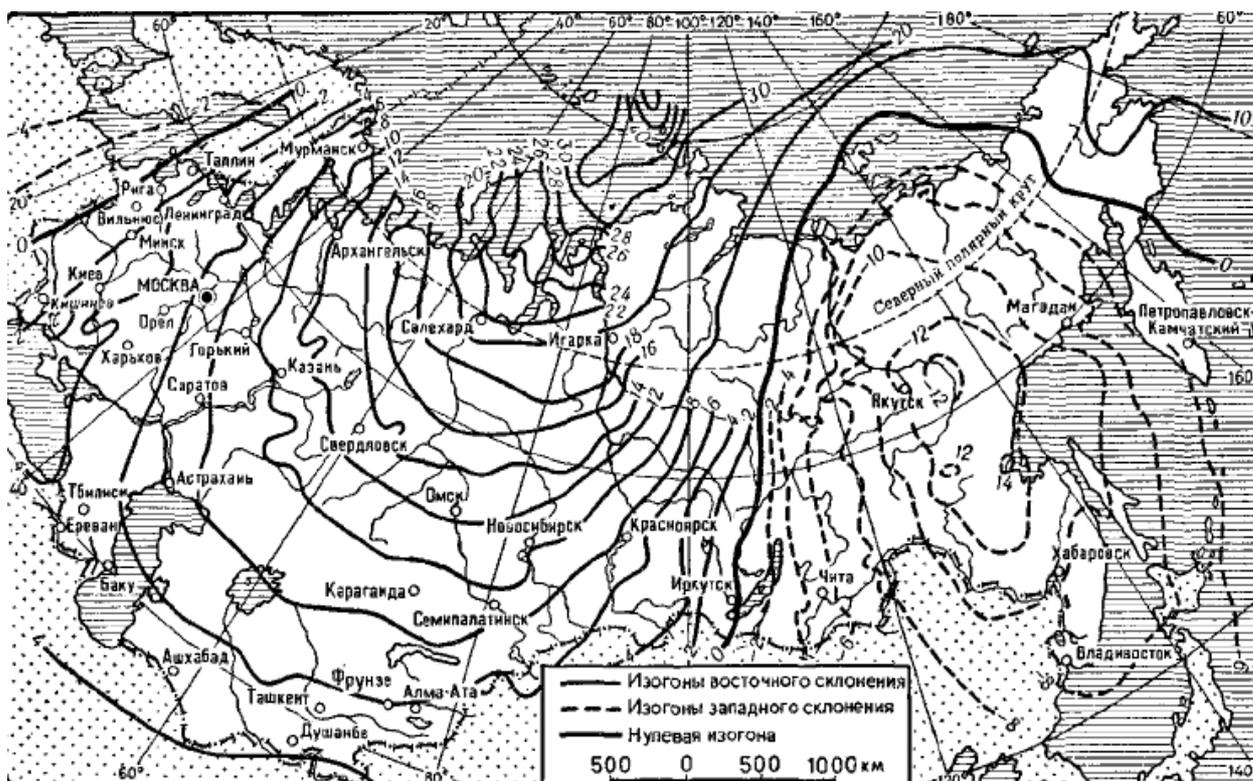


Рис. 12. Схематическая карта магнитного склонения.

Для ориентировки теодолита по магнитной стрелке нужно:

- 1) вращением корпуса теодолита установить на горизонтальном круге при восточном магнитном склонении отсчёт равный склонению, при западном – отсчёт равный 360° минус склонение. При этом отсчёт по вертикальному кругу не должен превышать 90° ;
- 2) отпустить арретир буссоли до свободного вращения магнитной стрелки;
- 3) ослабить зажимной винт подставки и вращать теодолит в подставке до тех пор, пока конец стрелки буссоли не совместится с индексом;
- 4) закрепить теодолит в подставке и проверить установку буссоли и отсчёт по кругу;
- 5) закрепить стрелку буссоли, вращая винт арретира до упора.

Ориентировку теодолита по миру производят следующим образом. Вращая корпус теодолита вокруг вертикальной оси, нужно подвести индекс, по которому будут производиться отсчёты горизонтальных углов, к делению, равному азимуту мира.

Освободив стопорный винт подставки и наведя трубу теодолита точно на мир, вновь закрепляют его. После этого проверить, не сместился ли индекс с деления, на которое он был установлен.

Азимут мира должен быть заранее определён по теодолиту с помощью магнитной стрелки (с учётом магнитного склонения) или по Полярной звезде.

В первом случае теодолит ориентируют по магнитной стрелке. Затем трубу теодолита наводят на мир так, чтобы изображение выбранной миры совпало с крестом нитей, и по горизонтальному кругу отсчитывают азимут мира. Во избежание случайных ошибок установку и ориентировку теодолита производят три раза и за азимут мира принимают среднее из полученных отсчётов.

Полярная звезда расположена почти над Северным полюсом и совершает за сутки один оборот вокруг полюса, поэтому два раза в сутки направление на Полярную звезду совпадает с направлением на север. Наибольшее отклонение направления на Полярную звезду от направления на север составляет около 1° . Следовательно наибольшая ошибка определения направления на север при одном наблюдении не может быть больше 1° . Если за ночь провести несколько наблюдений и взять среднее из всех, можно увеличить точность определения азимута мира по Полярной звезде.

Полярную звезду легче всего найти по созвездию Большая Медведица, имеющая форму ковша. В средних широтах Большую Медведицу можно видеть в любое время года (рис. 13). Для того чтобы найти Полярную звезду, нужно мысленно провести прямую, соединяющую две крайние звёзды «ковша» (отмеченные на рисунке цифрами 1 и 2), и на этой прямой от звезды 2 пять раз отложить расстояние между звёздами 1 и 2. Полярная звезда на рисунке обозначена буквой α .

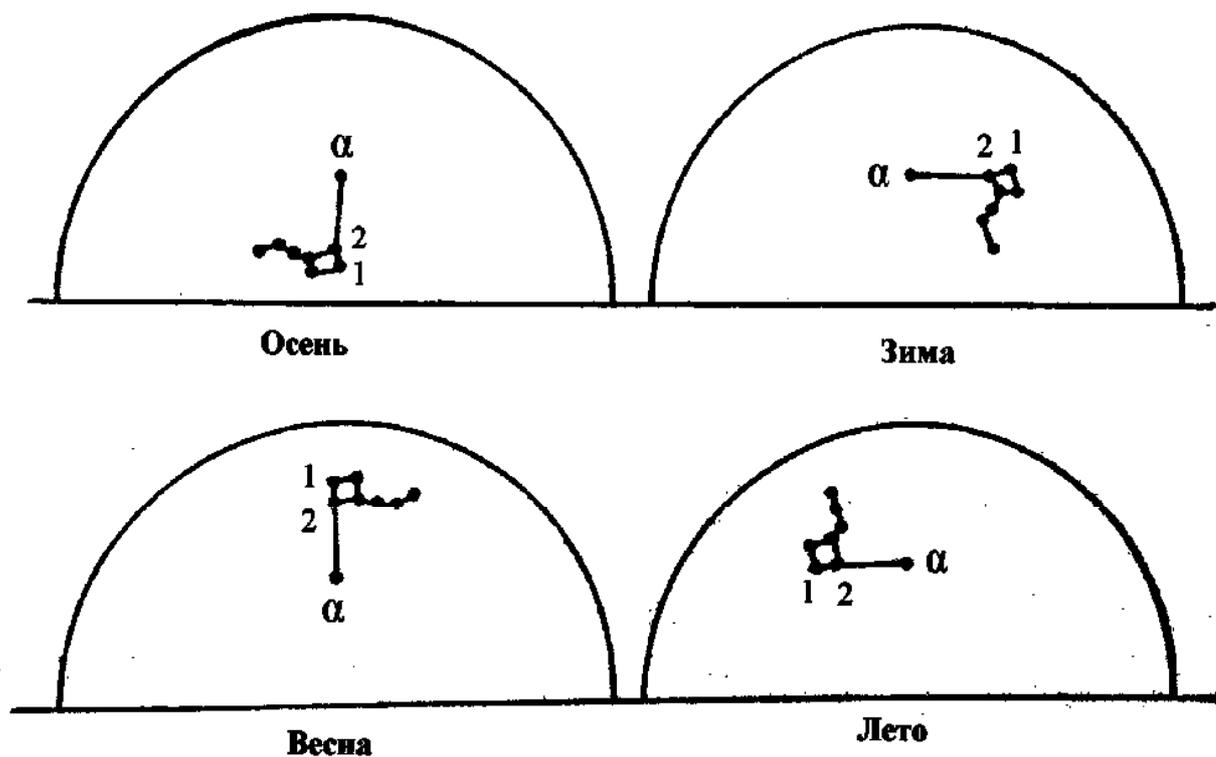


Рис. 13. Положение созвездия Большой Медведицы и Полярной звезды по отношению к горизонту в северной части неба в различные времена года около 22 ч в средних широтах России (для нахождения азимута мира по Полярной звезде).

Способ определения азимута мира заключается в следующем:

1) подводят индекс, по которому будут производить отсчёт азимута, к 0° горизонтального круга и освобождают стопорный винт;

2) наводят трубу теодолита на Полярную звезду так, чтобы изображение звезды находилось на пересечении креста нитей, и закрепляют стопорный винт. Теодолит при этом будет направлен с некоторой погрешностью на север;

3) наводят крест нитей на миру, отсчёт по горизонтальному кругу будет азимутом миры.

Поскольку азимут миры по Полярной звезде определяют ночью, мира должна иметь достаточно заметный световой ориентир.

Азимут выбранной миры заносят в книжку КАЭ-1 и в паспорт станции.

Магнитное склонение места наблюдения может быть определено так же по Полярной звезде. Для этого нужно произвести первые два пункта, как и для определения азимута миры. Далее отпустить арретир буссоли до свободного вращения магнитной стрелки и вращением горизонтального наводящего винта совместить конец стрелки буссоли с индексом. И по горизонтальному кругу отсчитывают значение угла. Которое будет равно восточному магнитному склонению если оно меньше 180° , и дополнение до 360° взятое с отрицательным знаком для западного склонения.

Теодолит должен регулярно поверяться 1, 10 и 20 числа каждого месяца и, кроме того, после каждого случая аварии, которая может сказаться на исправности инструмента. В процессе проверки выясняется поправка на смещение вертикального круга, угла коллимации, исправность уровня и чувствительность магнитной стрелки.

Приступая к проверке, следует прежде всего установить теодолит по уровню и отфокусировать окуляр.

Выявление места нуля вертикального круга и определение угла коллимации производят одновременно. Для этого теодолит наводят на какой-либо неподвижный ориентир с малыми угловыми размерами (шпиль, труба), находящийся на расстоянии не менее 1000 м и производят отсчёт по горизонтальному (Γ_H) и вертикальному (B_H) кругам с точностью до $0,1^\circ$ (теодолит в положении «наводка» объектив направлен вправо от наблюдателя). После этого поворачивают трубу теодолита на 180° вокруг горизонтальной оси, а затем на 180° вокруг вертикальной оси. Теодолит будет находиться в положении «перекидка», объектив направлен влево от наблюдателя. В этом положении теодолит наводят на тот же ориентир и делают отсчёты по горизонтальному (Γ_{II}) и вертикальному (B_{II}) кругам.

Чтобы получить поправку на место нуля вертикального круга, нужно сложить отсчёты по вертикальному кругу при наводке и перекидке. При правильной установке вертикального круга сумма отсчётов должна быть равна 180° . В противном случае следует найти разность между 180 и суммой отсчётов и разделить пополам. Это и будет поправка на место нуля вертикального круга:

$$M_0 = \frac{180 - (B_H + B_{II})}{2} . \quad (2)$$

Поправка по абсолютному значению $0,2^\circ$ или меньшая при обработке во внимание не принимается, большая поправка прибавляется ко всем отсчётам вертикального круга с учётом знака поправки.

Для определения угла коллимации нужно из отсчёта по горизонтальному кругу при перекидке вычесть отсчёт по горизонтальному кругу при наводке. Если отсчёт по горизонтальному кругу при наводке больше чем при перекидке, то к отсчёту при перекидке прибавляют 360° . Угол коллимации равен половине избытка или недостатка между вычисленной разностью и 180 :

$$k = \frac{(\Gamma_{II} - \Gamma_H) - 180}{2} . \quad (3)$$

Поправка к отсчетам горизонтального круга за счет коллимации не является постоянной, а зависит не только от величины коллимационного угла, но также и от величины вертикального угла, под которым находится оптическая ось. Поправку на коллимацию на станциях при однопунктных шаропилотных наблюдениях не учитывают. Теодолит считается годным, если абсолютное значение угла коллимации не превосходит $0,2^\circ$, в противном случае требуется замена или ремонт теодолита.

Для базисных шаропилотных наблюдений коллимационная поправка рассчитывается для каждого отсчёта по формуле:

$$\Delta\alpha = k \left(\frac{1}{\cos \delta} - 1 \right), \quad (4)$$

где $\Delta\alpha$ - коллимационная поправка к горизонтальному углу, δ - значение вертикального угла. Знак поправки тот же что и знак угла коллимации, с возрастанием вертикального угла эта поправка возрастает.

Значения поправок к вертикальному кругу и углу коллимации между соседними и любыми сроками проверки для одного теодолита не должны превышать $0,1^\circ$. В случае превышения указанных допусков теодолит необходимо сдать в ремонт.

Для проверки параллельности визирных осей зрительной трубы и визира необходимо навести перекрестие сетки зрительной трубы теодолита на неподвижную цель с малыми угловыми размерами, удалённую не менее чем на 1000 м, и взять отсчёты по вертикальному (B_T) и горизонтальному (G_T) кругам теодолита. Включить оптический визир и наблюдая через него, снова навести перекрестие на тот же предмет. Взять отсчёты по кругам B_B и G_B .

Если разности отсчётов ($B_T - B_B$) и ($G_T - G_B$) или одна из них превышают $\pm 0,05^\circ$, необходимо добиться параллельности осей вращением эксцентриковой оправы объектива визира в ту или другую сторону, предварительно отвинтив и затем завинтив стопорный винт. Если совмещения достичь не удаётся, то необходима дополнительная юстировка с наклоном призмы, которая производится в мастерской.

Проверку чувствительности магнитной стрелки теодолита производят после каждой его перевозки. Установив для этого теодолит по уровню и магнитной стрелке и проверив, полностью ли освобождён арретир стрелки, подносят к концу стрелки сбоку какой-либо железный или стальной предмет и тотчас же убирают его. Исправная, хорошо намагниченная стрелка, немного покачавшись из стороны в сторону, быстро останавливается и затем возвращается в прежнее положение. Если стрелка качается долго, то это указывает на её слабую намагниченность. Если же она останавливается быстро, но в прежнее положение не возвращается, а при повторном воздействии на неё железом останавливается в разных местах, то это означает, что износился или сломался шпиль стрелки или её подпятник.

Необходимо не менее трёх раз подряд проверить однообразие показаний, для чего после каждого успокоения стрелки следует вращением механизма горизонтальной наводки совместить её конец с риской на индексе и снять отсчёт по горизонтальному кругу. Разность полученных отсчётов не должна превышать $\pm 0,5^\circ$. Если это условие не выполняется, bussоль необходимо сдать в ремонт.

При потере магнитной стрелкой чувствительности bussоль теодолита подлежит ремонту.

Порядок наполнения оболочек.

Помещение, в котором производится наполнение шара-пилота, должно быть просторным и защищено от ветра.

При наполнении шаропилотных оболочек из баллона следует проделать следующие операции:

- тщательно вытряхнуть из оболочки тальк и взвесить оболочку с точностью до 1 г, массу оболочки следует записать;

- снять колпак с баллона, отвинтить заглушку закрывающую отверстие вентиля и присоединить к крану резиновый шланг с переходным штуцером из шаропилотного комплекта;

- поворотом маховичка вентиля открыть немного вентиль и пустить газ для удаления воздуха из шланга, надеть аппендикс оболочки на переходной штуцер и привязать бечёвкой. Перед этим оболочку необходимо закатать со стороны, противоположной аппендиксу, для удаления из неё воздуха;

- осторожно и понемногу открывая вентиль, усиливать выход газа, следя за тем, чтобы струя не порвала оболочку, особенно в начале наполнения шара. Вентиль следует открывать с таким расчётом, чтобы оболочка № 10 наполнилась до нормы примерно в течение 3 мин, оболочки № 20 и 30 – в течение 5-6 мин.

Для того чтобы штуцер с разновесами случайно не улетел вместе с шаром, к ушку штуцера следует привязать длинный шпагат, другой конец которого нужно привязать к какому-нибудь неподвижному тяжёлому предмету.

Для получения стандартной вертикальной скорости шара-пилота используются оболочки только № 20 и 30. Грузоподъёмность оболочек для получения вертикальной скорости 200 и 240 м/мин определяется по приложениям 3а, 3б, 3в. В указанных приложениях для данной массы оболочки q при данном поправочном множителе $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$ приводятся значения грузоподъёмности A в граммах. Для тех значений q и $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$, которые не совпадают с табличными, нормы наполнения определяются интерполированием между ближайшими значениями этих величин, имеющимися в таблицах.

Наполнение оболочки до заданной грузоподъёмности осуществляют с помощью разновесов комплекта ШК-50.

Перед наполнением оболочки на штуцер надевают разновесы, общая масса которых с учётом массы штуцера (24 г.) должна быть равна необходимой грузоподъёмности, и закрепляют их круглой гайкой, имеющейся на штуцере. Надевают аппендикс оболочки на горловину штуцера и завязывают шпагатом. Затем соединяют штуцер с наконечником, жёстко скреплённым со шлангом, присоединённым к баллону, и открывают кран.

Наполнение производят до тех пор, пока шар не приподнимает штуцер с разновесами. После этого шар со штуцером снимают со шланга и окончательно уравнивают шар, выпуская нажатием пальца на клапан штуцера лишний газ. Когда шар будет уравновешен, аппендикс прочно завязывают шпагатом выше штуцера. После этого штуцер вынимают из аппендикса.

При наполнении оболочек до стандартной вертикальной скорости для ночных выпусков следует учесть массу фонарика и уменьшение вертикальной скорости на 6% из-за сопротивления фонарика.

При выборе размера оболочки и вертикальной скорости можно руководствоваться таблицей 2.

При использовании оболочек №10 шары-пилоты выпускают всегда с нестандартной вертикальной скоростью. Её определяют либо по грузоподъёмности A и массе оболочки q , либо по грузоподъёмности A и длине окружности C .

Для определения грузоподъёмности в шаропилотном комплекте ШК-50 имеется специальный S-образный крючок. Крючок прицепляют к верёвке, которой завязан

аппендикс шара, и на него нанизывают столько разновесов-шайбочек, сколько необходимо для уравнивания шара. Масса крючка составляет 10 г.

Массу оболочки q определяют взвешиванием перед наполнением с точностью до 1 г. При отсутствии весов за массу оболочки можно принять значение, поставленное заводом на самой оболочке.

Измерение длины окружности производят с помощью мерной ленты с точностью до 1 см так, чтобы она плотно охватывала шар по дуге большого круга, то есть делила бы шар на две равные части. Измерение длины окружности следует производить по двум взаимно перпендикулярным направлениям: в вертикальной плоскости, проходящей близ аппендикса шара, и в горизонтальной плоскости по дуге большого круга, и взять среднее значение из полученных результатов.

Таблица 2.

Выбор оболочки и вертикальной скорости шара-пилота в зависимости от метеорологических условий выпуска

Состояние неба	Скорость ветра по флюгеру, м/с	Номер оболочки	Стандартная вертикальная скорость, м/мин
Ясно или облака верхнего яруса	До 5	30	200
То же	Более 5	30	240
Неплотная облачность среднего яруса – 5 баллов и менее	До 5	30	200
То же	Более 5	30	240
Плотная облачность среднего яруса	До 5-7	20	200
То же	Более 5-10	30	240
Неплотная облачность нижнего яруса без облаков среднего яруса – 5 баллов и менее	До 5	30	200
То же	Более 5	30	240
То же но с облаками среднего яруса	До 5-7	20	200
То же	Более 7-10	30	240
Плотная облачность нижнего яруса	До 10-15	20	200
То же	Более 15	30	240

Нестандартные вертикальные скорости по грузоподъёмности и массе оболочки определяют с помощью приложения 4а, 4б, 4в и 2 в следующем порядке:

1) из приложений 4а, 4б, и 4в, в зависимости от номера оболочки, по массе оболочки q (в граммах) и грузоподъёмности A (в граммах) определяют значение табличной (для плотности воздуха при температуре +20 °С и давлении 1013 гПа) вертикальной скорости шара W_T ;

2) для исправления найденной по таблицам вертикальной скорости из приложения 2, по фактическим давлению P и температуре T воздуха, определяют поправочный множитель $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$ на фактическую плотность воздуха;

3) фактическую вертикальную скорость W_ϕ определяют умножением табличной вертикальной скорости W_T на поправочный множитель $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$.

Для определения нестандартной вертикальной скорости шара-пилота с фонариком нужно предварительно вычесть из грузоподъёмности оболочки без фонарика массу подготовленного к выпуску электрического вращающегося фонарика с лампочкой, с замоченной батареей и шпагатом. Затем найденную вертикальную скорость надо уменьшить на 6% (сопротивление фонарика движению).

Нестандартную вертикальную скорость шара по грузоподъёмности A и средней длине окружности C определяют из приложений в следующем порядке:

1) из приложения 5 определяют табличное значение вертикальной скорости W_T по грузоподъёмности A (в граммах) и длине окружности C (в сантиметрах);

2) из приложения 6 по давлению P и температуре T воздуха определяют поправочный множитель $\sqrt{\rho_0/\rho}$ для исправления табличной скорости на фактическую плотность воздуха;

3) фактическую вертикальную скорость W_ϕ определяют путём умножения табличной вертикальной скорости на поправочный множитель $\sqrt{\rho_0/\rho}$.

При выпуске шара-пилота с фонариком его вертикальная скорость, исправленная на фактическую плотность воздуха, уменьшается на 6%.

Проведение наблюдений.

За 10 - 15 мин до срока выпуска шара-пилота наблюдатель выполняет следующие операции:

1) отсчитывает и заносит в книжку для записи наблюдений над шарами-пилотами КАЭ-1 (приложение 1) в соответствующие строки порядковый номер шара-пилота (с начала года), дату, давление по барометру, температуру и влажность с введением поправок:

- инструментальных к отсчётам по барометру и термометрам;
- на приведение отсчёта барометра к нулю температуры и нормальной силе тяжести;

- в отсчёт по гигрометру в холодное полугодие.

2) устанавливает теодолит для наблюдений, подготавливает часы, секундомер, книжку КАЭ-1, два простых хорошо отточенных карандаша;

3) взвешивает оболочку и определяет норму наполнения оболочки для получения стандартной вертикальной скорости шара-пилота;

4) наполняет оболочку.

При наполнении шара до нестандартной вертикальной скорости норму наполнения оболочек предварительно не определяют. В остальных операциях и их порядок остаются теми же.

Результаты измерений грузоподъёмности, массы оболочки или длины окружности, массы фонарика и результаты вычислений поправочного множителя на фактическую плотность воздуха, табличной и фактической вертикальной скорости шара-пилота записывают в книжку КАЭ-1.

За 5 мин до срока выпуска наблюдатель определяет ветер, облачность в соответствии с требованиями Наставления по гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, ч. 1 и записывают в книжку КАЭ-1, в строку «До подъёма». В момент выпуска шара определяют следующие атмосферные явления: осадки, дымка, низкие туманы, мгла, низовые метели с указаниями интенсивности. Атмосферные явления записываются условными обозначениями после данных облачности и отделяются от них запятой.

Перед самым выпуском шара наблюдатель направляет трубу теодолита в ту сторону, куда должен полететь шар, то есть по направлению ветра.

В момент выпуска шара наблюдатель включает секундомер и записывает в книжку КАЭ-1 с точностью до 1 мин время выпуска (местное среднее солнечное).

Через 10 - 15 с после выпуска шара наблюдатель наводит на него трубу теодолита, пользуясь мушкой и целиком. Глаз при этом должен находиться от целика на расстоянии вытянутой руки, а линия визирования должна проходить так, чтобы шар казался «сидящим» на мушке.

Как только шар-пилот попадает в поле зрения трубы, наблюдатель прекращает наводку на шар вручную. Пользуясь одновременно обоими микрометрическими винтами, наблюдатель ведёт трубу за шаром так, чтобы его изображение находилось всё время вблизи креста нитей в той четверти зрительного поля трубы теодолита, которая противоположна направлению движения шара-пилота. Одновременно наблюдатель следит за показаниями секундомера.

Для того чтобы одному человеку было проще одновременно следить за временем по секундомеру и за тем, чтобы шар во время команды «отсчёт» был в центре креста нитей зрительной трубы, рекомендуется научиться в соответствии с ходом секундомера произносить вслух или про себя слова «без пяти», «без двух», «отсчёт» за 5 с. Следя за ходом стрелки секундомера, наблюдатель за 5 с до отсчёта прикладывает свой глаз к окуляру теодолита и действуя микрометрическими винтами, наводит крест нитей точно на шар. Одновременно он начинает произносить «без пяти», «без двух», «отсчёт». При последнем слове шар должен быть точно в центре креста нитей. Такой способ счёта секунд освобождает наблюдателя от необходимости следить за секундной стрелкой и позволяет перенести своё внимание на точную подводку креста нитей к движущейся цели.

После слова «отсчёт» наблюдатель прекращает вращать микрометрические винты и производит отсчёт показаний по вертикальному и горизонтальному кругам с точностью до $0,1^\circ$, после чего оба отсчёта повторяет вслух и записывает.

Во избежание потери шара следует тщательно следить за шаром-пилотом в теодолит и не допускать выхода его из поля зрения окуляра.

Для того чтобы научиться отсчитывать время в течение 5 с без секундомера, необходима тренировка.

Шаропилотные наблюдения обычно проводит один наблюдатель, однако эту работу удобнее делать вдвоём. Первый наблюдатель производит выпуск шара, следит за секундомером, давая команды на отсчёт данных, и записывает полученные углы в книжку наблюдений. Второй наблюдатель следит за полётом шара в теодолит и по командам первого наблюдателя производит отсчёты углов.

Запись следует производить простым карандашом в строки, соответствующие минутам, прошедшим от момента выпуска. Десятые доли градусов отделяются точками. В случае пропуска отсчёта на его месте следует ставить тире (—).

При прохождении шара вблизи зенита горизонтальный угол изменяется часто настолько быстро, что удержать изображение шара в поле зрения, действуя только микрометрическими винтами невозможно. В таких случаях, чтобы не упустить шар и в то же время не допустить перевода трубы через зенит, приходится поворачивать трубу вокруг вертикальной оси рукой. Если же труба всё-таки будет переведена через зенит (отсчёты по вертикальному кругу будут больше 90°), наблюдения следует продолжить, как и при нормальном положении трубы.

Отсчёты и запись углов производят через каждые 0,5 мин в течение первых трёх минут наблюдения и далее до конца наблюдения через 1 мин. Если наблюдение длится более 32 мин, то запись углов следует продолжить на следующих страницах книжки.

Наблюдения, если нет специального распоряжения, следует вести до тех пор, пока шар-пилот виден в теодолит. Причинами прекращения наблюдений могут быть следующие:

- шар вошёл в облако;
- шар лопнул;
- шар закрыло нижележащее облако;
- шар стал невидимым вследствие тумана, мглы или выпадающих осадков;
- шар стал невидимым вследствие слияния с фоном;
- шар пропал из поля зрения.

В случае прекращения наблюдений при ясном небе или облаках среднего яруса из-за того, что шар лопнул или пропал из поля зрения на высотах ниже 3 км над

поверхностью земли в светлое время суток и 2 км в тёмное время суток, следует производить повторный выпуск шара-пилота.

Момент, когда шар-пилот, входя в облако, начинает туманиться, отмечают с точностью до 1 с и записывают в книжку в конце наблюдений. Там же указывают форму облака и время, когда шар окончательно скрылся в облаках. Если шар не входит в облако, а его закрывает облако, расположенное ниже шара, то время когда шар туманится и скрывается, не записывают, а указывают, что «шар закрыло облаком» и форму облака.

Если шар, закрытый облаками, через некоторое время вновь виден, наблюдения следует продолжить.

По окончании наблюдений в книжку для записи наблюдений в соответствующие строки записывают:

- причину прекращения наблюдений;
- направление в котором скрылся шар (отмечают один из восьми румбов: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ), определённое на глаз;
- облачность и ветер по флюгеру в строку «После подъёма»;
- осадки во время подъёма (дождь, снег, и т.п.), их записывают условным знаком рядом с формой облаков.

Не разрешается подчищать или исправлять записи, произведённые во время наблюдений, переделывать одни цифры на другие. При необходимости нужно аккуратно зачеркнуть ошибочную цифру так, чтобы она была видна, а правильную записать возле неё. Допускается зачеркнуть всю строку при неправильной записи и повторить её в новой строке.

Отсчёты вертикального угла по теодолиту в книжку КАЭ-1 записывают без учёта поправки. Значение поправки приводят в книжке над графой вертикальных углов и учитываются при обработке наблюдения.

Для наблюдений в тёмное время к шару-пилоту подвешивают специальный фонарик, свет которого и наблюдают в теодолит.

Фонарик подготавливают заблаговременно до выпуска шара и подвешивают к шару-пилоту после измерения свободной подъёмной силы.

При определении вертикальной скорости шара-пилота необходимо учитывать массу фонарика и сопротивление фонарика движению.

Для наблюдений в тёмное время суток необходимо заранее подготовить теодолит:

- 1) проверить освещение нитей,
- 2) проверить исправность фонаря для освещения кругов и освещения книжки для записи шаропилотных наблюдений,
- 3) если нет постоянных достаточно удалённых огней, отфокусировать теодолит при дневном свете.

Порядок шаропилотных наблюдений в тёмное время суток и их запись те же, что и в дневное время. Однако имеются следующие особенности:

- нити и круги теодолита освещаются специальной лампочкой в теодолите,
- книжка для записи наблюдений за шарами-пилотами освещаются электрическим фонариком.

При освещении свет фонарика должен быть направлен от наблюдателя чтобы не слепить глаза.

При порче лампы теодолита для освещения поля зрения трубы можно пользоваться тем же фонариком, который служит для освещения книжки. Для этого фонарь по команде «без пяти» осторожно подносят к иллюминатору теодолита, так чтобы не ослепить наблюдателя.

Во время наблюдений следует тщательно следить за тем, чтобы шар-пилот не спутать со звездой. В первые 10 - 15 мин фонарик обычно хорошо виден и его легко отличить от звёзд. При дальнейших наблюдениях, чтобы не спутать фонарик со звездой, нужно помнить о двух отличительных его признаках:

- 1) жёлтоватый мигающий свет,
- 2) движение среди звёзд.

Иногда стандартный срок наблюдений совпадает с сумерками или рассветом, когда шар и свет фонарика виден плохо. В этом случае разрешается произвести выпуск шара на полчаса раньше или позже стандартного срока с тем, чтобы шар можно было наблюдать без фонарика в более светлое время или в темноте, когда свет фонарика лучше заметен.

Обработка шаропилотных наблюдений.

Обработка шаропилотных наблюдений заключается в определении скорости и направления ветра на различных высотах по горизонтальным проекциям траектории полёта шара-пилота. Для нанесения каждой проекции шара в данный момент времени нужно знать его азимут и горизонтальное удаление.

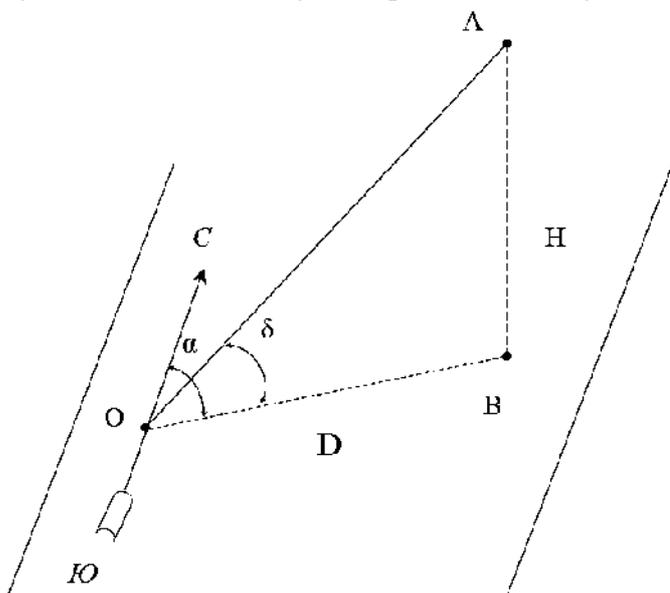


Рис. 14. Положение шара-пилота в пространстве (точка А).

δ – вертикальный угол, α – горизонтальный угол,
 H – высота, D – горизонтальное удаление.

Азимут α шара отсчитывается непосредственно по горизонтальному кругу теодолита при наведении на шар (рис. 14). Горизонтальное удаление D вычисляется по высоте шара H и вертикальному углу δ отсчитанному по теодолиту:

$$D = \frac{H}{\operatorname{tg} \delta} = H \operatorname{ctg} \delta \quad (5)$$

По известным горизонтальным удалениям и азимутам шара-пилота на горизонтальную плоскость наносят проекции шара, соответствующие моментам отсчётов углов. По отрезкам, соединяющим каждую пару соседних, по времени, проекций шара, можно судить о направлении и скорости ветра в слое воздуха, пройденном шаром за время между двумя последовательными отсчётами. Полученные данные о ветре относят

условно к уровню, расположенному на середине такого слоя.

Обработку шара-пилота производят в следующем порядке:

- 1) определяют вертикальную скорость шара-пилота;
- 2) вычисляют высоты шара-пилота для моментов отсчётов и высоты середин слоёв над поверхностью земли и над уровнем моря;
- 3) вычисляют высоту облаков;
- 4) наносят проекции шара на круг планшета А-30;
- 5) определяют скорости и направления ветра между проекциями шара-пилота;
- 6) вычисляют скорости и направления ветра для стандартных уровней.

Определение высот шара и высот середин слоёв производят первые 3 мин наблюдений через каждые 0,5 мин, с 3 до 10 мин через 1 мин, с 10 до 40 мин через 2 мин и далее через каждые 4 мин. Если последняя минута наблюдений не является конечной для соответствующего интервала времени обработки, то эта минута должна быть включена в обработку.

Высоты шара вычисляют с точностью до 1 м умножением фактической вертикальной скорости на число минут наблюдений:

$$H_i = W_{\phi} \times \tau_i . \quad (6)$$

Высоты средин слоёв над поверхностью земли вычисляют как среднее арифметическое из соседних высот с округлением до 10 м:

$$\bar{H}_i = \frac{H_{i-1} + H_i}{2} . \quad (7)$$

Высоты средин слоёв над уровнем моря получают путём прибавления высоты теодолита над уровнем моря (округлённой до 10 м) к высотам средин слоёв над поверхностью земли.

Высоты шара в случаях пропуска отсчётов углов следует вычислять с учётом следующих правил:

1) Высоту шара над поверхностью земли не рассчитывают для минут с пропущенными отсчётами.

2) Если на участке высот с пропуском отсчётов находится не более двух стандартных уровней, то высота середины слоя над поверхностью земли равна среднему арифметическому значению из двух высот, ограничивающих участок с пропуском отсчётов.

При определении числа пропущенных стандартных уровней в слое до 1 км уровни 0,3, 0,6 и 0,9 км не принимают во внимание. На высотах выше 0,5 км, на которых стандартные уровни вычисляют над уровнем моря, для точного определения числа пропущенных стандартных уровней необходимо вместо высот над поверхностью земли, ограничивающих участок с пропуском отсчётов, брать соответствующие высоты над уровнем моря. В этом случае высота середины слоя сразу вычисляется над уровнем моря.

3) Если на участке с пропуском отсчётов находится более двух стандартных уровней, то высоту середины слоя вычисляют только после пропуска в отсчётах.

4) Если пропуск отсчётов был из-за больших вертикальных углов (более 75°), то прежде нужно установить причину, обуславливающую большие вертикальные углы: наблюдались ли они вследствие штиля, или вследствие прохождения шара через зенит.

Характерные черты штиля: наличие больших вертикальных углов с момента выпуска шара (так как штиль преимущественно наблюдается в приземном слое) и одинаковые или незначительно изменяющиеся значения отсчётов горизонтальных углов до и после пропуска наблюдений. Прохождение шара через зенит характеризуется значительным изменением отсчётов горизонтальных углов до и после пропуска.

Если пропуск отсчётов наблюдений был из-за штиля, то продолжительность пропуска может быть какой угодно. Последний отсчёт вертикального угла перед пропуском (если пропуск был на какой-то высоте) и первый отсчёт после пропуска должны быть не менее 75°, значения горизонтальных углов до и после пропуска – одинаковыми или незначительно различаться. В этом случае обработка наблюдений должна быть произведена так, как будто пропуска нет:

- для пропущенных минут вычисляют высоты шара над поверхностью земли и высоты средин слоёв;

- определяют скорость ветра в пропущенном интервале, и если средняя скорость ветра не превышает 1 м/с, то её условно относят к штилю;

- для пропущенных минут наблюдений графу «направление» не заполняют, а в графе «скорость» записывают 0.

Если пропуск отсчётов был не из-за штиля, а из-за резкой перемены направления ветра на какой-то высоте, вызвавшей прохождение шара над пунктом наблюдений (через

зенит), обработку наблюдений производят обычным способом с учётом вышеизложенных правил.

Для того чтобы включить последнюю минуту наблюдений в обработку, поступают следующим образом:

- вычисляют высоту для последней минуты наблюдений (например, для 13-й или 43-й);

- высоту для минуты, отстоящей от последней на соответствующий интервал времени обработки (для 11-й или 39-й минуты)

- для этого слоя определяют ветер.

Для вычисления высоты облаков над поверхностью земли нужно к последней высоте шара, вычисленной для минуты, предшествующей моменту «туманится», прибавить произведение фактической вертикальной скорости на время, прошедшее от этой минуты до момента «туманится». Прибавив затем высоту теодолита над уровнем моря, получают высоту облаков над уровнем моря. Если в наблюдениях нет записи времени момента «шар туманится» то высоту нижней границы облаков следует вычислить по моменту «шар скрылся».

Определение скорости и направления ветра на высотах средин слоёв.

При вычислении скорости и направления ветра на круг планшета А-30 наносят горизонтальные проекции шара-пилота для тех минут, для которых вычислены высоты шара. При построении проекций должны быть приняты во внимание поправки на смещение нуля вертикального круга, если они равны $0,3^\circ$ или более.

Нанесение проекций шара на планшет надо производить в следующем порядке:

- 1) установить край линейки, проходящий через центр круга, на деление шкалы вертикального угла, равное исправленному отсчёту по вертикальному кругу теодолита;

- 2) удерживая линейку в этом положении, подвести к её краю, установленному по вертикальному углу, деление вращающегося круга, равное отсчёту по горизонтальному кругу теодолита;

- 3) в месте пересечения края линейки с кривой, соответствующей высоте шара в данную минуту, на подвижном круге поставить точку и занумеровать цифрой обрабатываемой минуты.

Если высота шара не равна высотам, для которых нанесены на круг кривые, место для нанесения точки определяют интерполированием между кривыми на глаз.

При нанесении на круг отсчётов, произведённых с перевёрнутой через зенит трубой теодолита, нужно вместо отсчитанного вертикального угла взять его дополнение до 180° , а к горизонтальному углу прибавить 180° , если отсчёт горизонтального угла меньше 180° , или отнять от него, если отсчёт по нему больше 180° .

Часто точки на круге за первые минуты наблюдения располагаются близко одна к другой, в таких случаях следует увеличить масштаб построения в 2 - 10 раз. Для этого при нанесении точек на планшет высоты шара увеличивают в 2 - 10 раз. Однако при дальнейшем нанесении на круг наступает такой момент, когда последующие точки не помещаются на круге. В этом случае масштаб построения надо уменьшить. При изменении масштаба последнюю точку, нанесённую в прежнем масштабе, обязательно нужно повторить в новом масштабе.

Для определения скорости и направления ветра нужно установить подвижный целлулоидный круг так, чтобы линии, соединяющие две соседние по времени точки, нанесённые на круг, были параллельны линиям сетки (одному из диаметров неподвижного круга). При определении направления и скорости ветра нужно следить за тем, чтобы они определялись между точками нанесённым в одном и том же масштабе.

Данные о ветре в слое относят к середине слоя и записывают в книжку КАЭ-1 в графу «ветер»

Направление ветра в градусах отсчитывают по шкале подвижного круга в месте пересечения её с продолжением диаметра неподвижного круга, взяв направление, откуда движется шар. Скорость ветра в м/с при обработке через 1 мин и при нанесении точек в нормальном масштабе равна числу делений номограммы планшета А-30 (число клеточек сетки), содержащихся между взятыми точками.

При определении скорости ветра следует учитывать масштаб обработки, уменьшая полученную непосредственно по сетке планшета А-30 скорость ветра во столько же раз, во сколько раз был увеличен масштаб в начале обработки по сравнению с нормальным, или увеличивая её, если масштаб в конце обработки был уменьшен. Независимо от изменения масштаба при нанесении точек через 0,5 мин нужно количество делений умножить на 2, а при нанесении точек через 2 или 4 мин количество делений разделить на 2 или 4 соответственно.

Скорость и направление ветра в первом слое определяют по отрезку, заключённому между центром планшета и первой проекцией шара.

Если при штиле шар находится в зените и наблюдения произвести нельзя или если между соседними точками скорость составляет 0,5 м/с или менее, то в графе «скорость» ставят 0, а графу «направление» не заполняют.

В случаях наблюдений за шаром-пилотом, выпускаемым на расстоянии 50 м и более от теодолита, нанесение проекций шара-пилота на планшет А-30 следует начать с нанесения места выпуска. Для нанесения точки места выпуска шара на круг необходимо знать значение отсчёта по горизонтальному углу при наводке теодолита на место выпуска и расстояние от теодолита до места выпуска.

Отсчёт горизонтального угла при наведении трубы уже ориентированного теодолита на место выпуска шара будет являться азимутом места выпуска.

Измеренное расстояние в метрах от теодолита до места выпуска шара нужно разделить на 60 с точностью до целых единиц, так как каждая клеточка на круге равна 60 м на местности. Результат деления будет равен числу клеток сетки на круге.

Для нанесения места выпуска на круг необходимое значение угла на подвижном круге, равное отсчёту горизонтального угла при наводке теодолита на место выпуска, совместить с 0° неподвижного круга номограммы планшета А-30, отсчитать от центра круга число клеточек, равное расстоянию до места выпуска шара, и поставить точку. Скорость и направление ветра в первом слое определяют по отрезку, заключённому между точками, соответствующими месту выпуска шара и первой проекцией шара. Масштаб наноски на круг этих точек должен быть одинаковым.

Графический способ обработки наблюдений за шарами-пилотами при больших удалениях шара не может обеспечивать требуемую точность определения скорости и направления ветра. Происходит это потому, что проводя обработку с помощью круга Молчанова, при больших удалениях шара приходится уменьшать масштаб построения проекции его пути. Последнее ведёт к уменьшению точности нанесения проекций и увеличению погрешностей в определении величины и направления отрезков между проекциями.

Обычно обработка наблюдений графическим способом производится до тех высот, пока проекции могут быть нанесены при уменьшении масштаба в 4 раза. Дальнейшее уменьшение масштаба при больших удалениях шара не рекомендуется так как резко ухудшается точность. Аналитический метод обработки лишён этого недостатка.

Аналитическая обработка сводится к решению несложной тригонометрической задачи. Пусть точками A_1, A_2, A_3 (рис. 15) и так далее обозначено положение шара-пилота для последовательных моментов времени после выпуска шара из точки O . Положение проекций шара на горизонтальную плоскость для тех же моментов времени обозначено точками B_1, B_2, B_3 и так далее. Положение каждой из проекций определяется по

соответствующему горизонтальному удалению шара и его азимуту. Ломаная линия $OB_1B_2B_3$ представляет собой горизонтальную проекцию пути шара-пилота. Каждый из отрезков OB_1 , B_1B_2 , B_2B_3 представляет собой то расстояние, на которое шар-пилот смещается ветром по горизонтали в слоях атмосферы H_1-0 , H_2-H_1 , H_3-H_2 за соответствующие промежутки времени. Величину скорости ветра в м/с можно получить измерением длины каждого из отрезков, отнеся её к соответствующему промежутку времени. Направление ветра получается путём определения углов между направлением на север и отрезками. Найденные таким образом значения скорости и направления ветра характеризуют среднюю скорость и направление в слое, определяемом высотами шара в начале и конце промежутка времени.

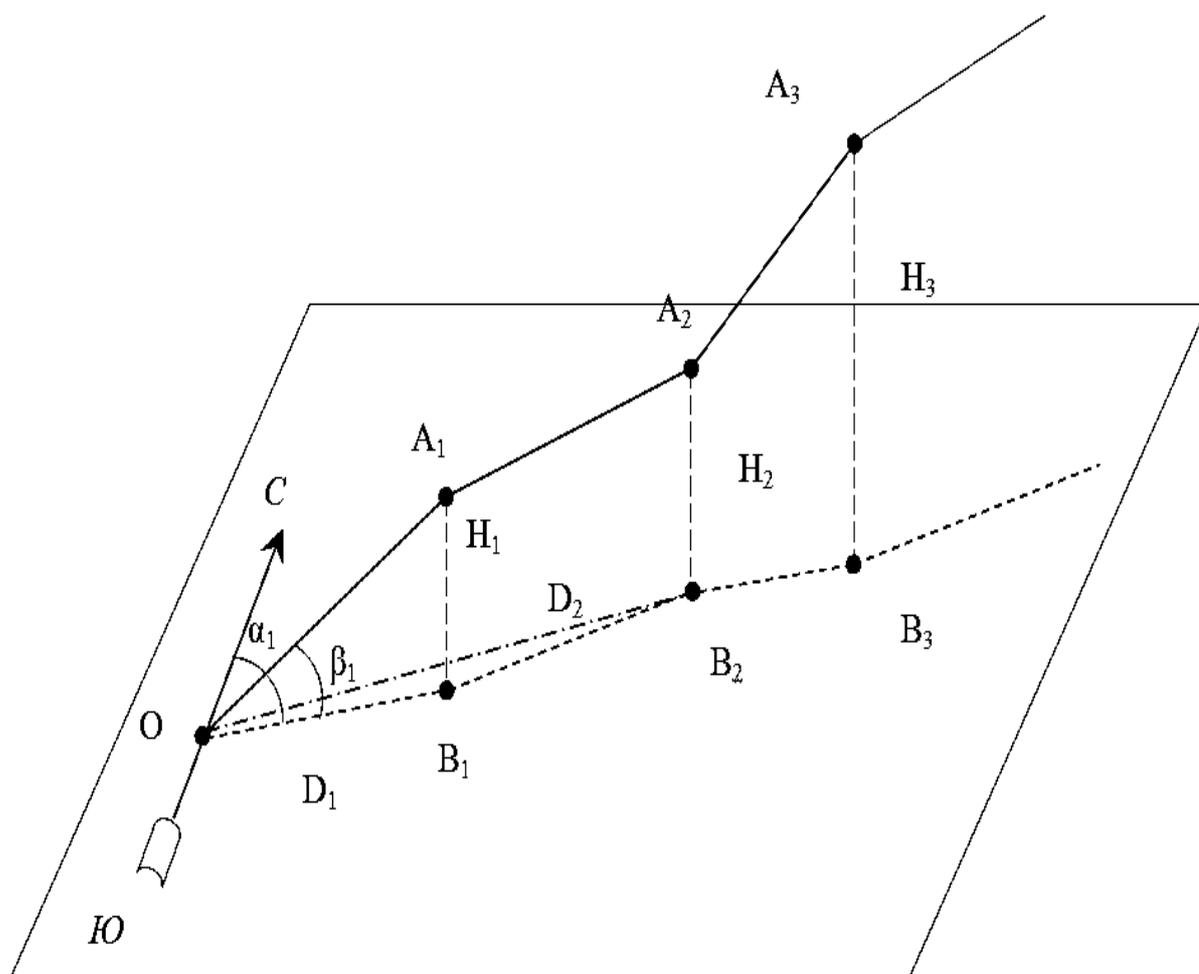


Рис. 15. Проекция шара пилота ($O - A_3$) на горизонтальную плоскость.

O – пункт наблюдения или место выпуска шара; точки A_1, A_2, A_3 представляют положение шара пилота в пространстве для тех моментов наблюдений, по которым производится обработка; точки B_1, B_2, B_3 – проекции шара-пилота на горизонтальную плоскость для этих моментов; H_1, H_2, H_3 – высоты шара; D_1, D_2 – горизонтальные удаления шара.

По измеренным значениям вертикального угла δ_i , горизонтального угла α_i и высоте шара над поверхностью земли H_i для соответствующих интервалов времени $t_i - t_{i-1}$ можно определить значения скорости V_i и направления d_i ветра. Для этого можно использовать следующие соотношения:

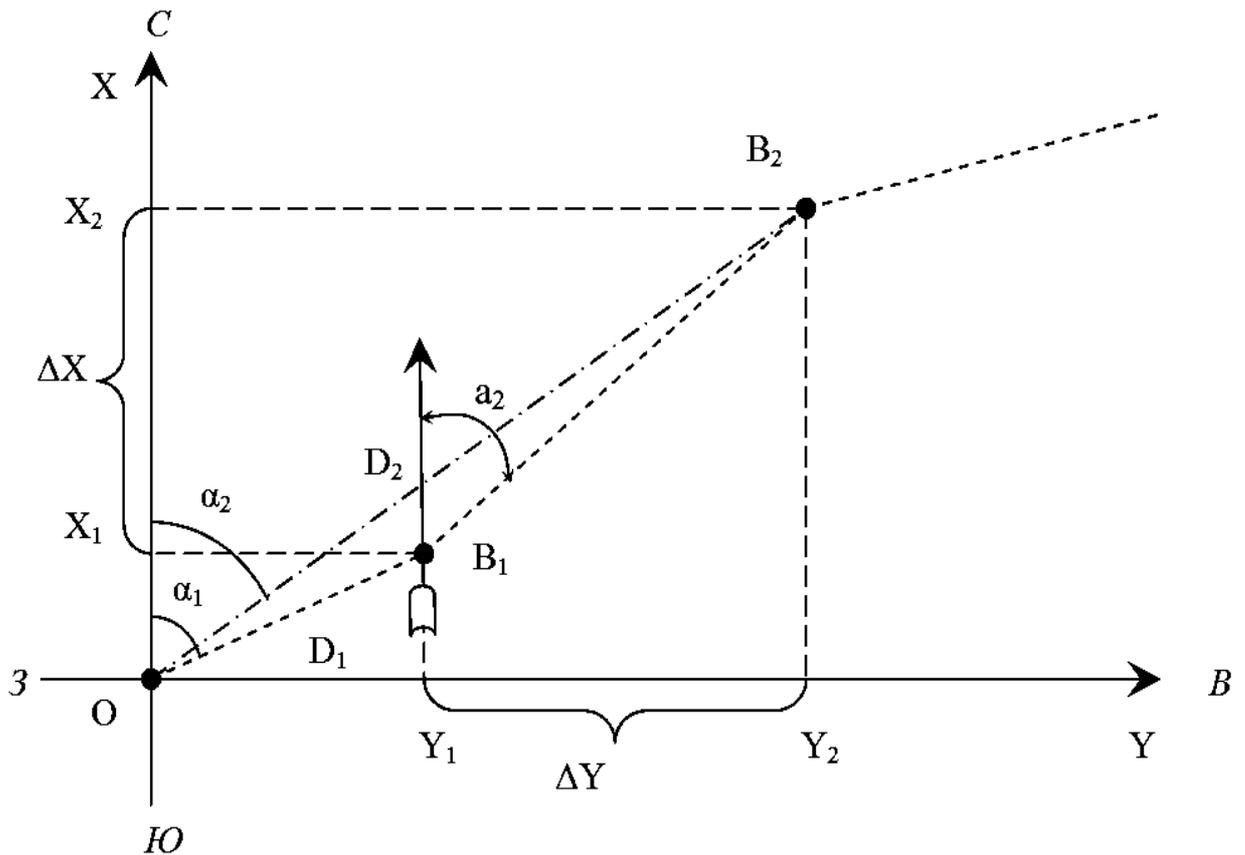


Рис. 16. Широтная и меридиональная проекция положения шара-пилота

$$X_i = H_i \operatorname{ctg} \delta_i \cos \alpha_i - \text{меридиональная составляющая}, \quad (8)$$

$$Y_i = H_i \operatorname{ctg} \delta_i \sin \alpha_i - \text{широтная составляющая}, \quad (9)$$

$$\Delta X_i = X_i - X_{i-1} \quad \text{и} \quad \Delta Y_i = Y_i - Y_{i-1} \quad , \quad (10)$$

$$V_i = \frac{\sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}}{60 (t_i - t_{i-1})} \quad , \quad (11)$$

$$a_i = \operatorname{arctg} \left| \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right| \quad . \quad (12)$$

где значения высот подставляются в метрах, углы – в градусах, а время – в минутах. Для первого отсчёта $t_0=0$, $X_0=0$ и $Y_0=0$.

Если расстояние от теодолита до места выпуска шара-пилота превышает 50 м, то для определения ветра в слое земля – 0,5 мин необходимо это учесть. Для этого надо знать азимут места выпуска $\alpha_{\text{вып}}$ относительно теодолита и расстояние L от теодолита до места выпуска:

$$X_0 = L \cos \alpha_{\text{вып}} \quad \text{и} \quad Y_0 = L \sin \alpha_{\text{вып}} \quad . \quad (13)$$

Направление ветра определяют анализируя знак ΔX_i и ΔY_i (рис.16):

$$\begin{aligned}
 d_i &= 180^\circ + a_i && \text{если } \Delta X_i > 0, \Delta Y_i \geq 0 \\
 d_i &= a_i && \text{если } \Delta X_i < 0, \Delta Y_i \leq 0 \\
 d_i &= 360^\circ - a_i && \text{если } \Delta X_i \leq 0, \Delta Y_i > 0 \\
 d_i &= 180^\circ - a_i && \text{если } \Delta X_i \geq 0, \Delta Y_i < 0 \\
 \text{штиль} &&& \text{если } \Delta X_i = 0, \Delta Y_i = 0
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Полученные скорости и направления ветра округлённые до целых значений записываются в книжку КАЭ-1 для соответствующих минут.

Определение ветра на высотах изобарических поверхностей и стандартных высотах.

По скорости и направлению ветра, полученным для высот середины слоёв, определяют ветер на стандартных высотах 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,6 и 0,9 км над поверхностью земли, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 и т.д. до 10 км, затем 10, 12, 14, 16 км и т.д. над уровнем моря, а также на уровнях, близких к уровням стандартных изобарических поверхностей 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 гПа. Высоты этих изобарических поверхностей определяют по таблице 3. Значения направления и скорости ветра на всех перечисленных уровнях вычисляют путём линейной интерполяции данных ветра, полученных для высот середины слоя, и записывают в книжку КАЭ-1.

Таблица 3.
Приближённые высоты стандартных изобарических поверхностей

Изобарическая поверхность, гПа	Высота над уровнем моря, м
850	1500
700	3000
500	5500
400	7000
300	9000
250	10500
200	12000
150	13500
100	16000

Вычисления скорости и направления ветра для стандартных высот производят путём интерполяции данных между соседними серединами слоёв, лежащих выше и ниже определённой стандартной высоты. Разность значений направления (скорости) ветра делят на разность высот середин слоёв и умножают на разность между высотой, для которой определяется ветер, и ближайшей высотой середины слоя. Полученное произведение прибавляют к значению направления (скорости) ветра на ближайшей высоте середины слоя или отнимают его в зависимости от хода направления (скорости) ветра в слое.

Если после интерполирования направление будет больше 360° , то записывают разность между этим значением и 360° . Если направление после интерполирования выражено в отрицательных углах, то записывают разность между 360° и абсолютным значением угла.

Особое внимание при интерполировании нужно уделить тем случаям, когда направление ветра на высотах, ближайших к стандартным переходят через 360° или делает резкий поворот.

Если на одной из ближайших к стандартному уровню высот середины слоя скорость ветра равна нулю, то интерполяцию направления ветра для стандартного уровня производить нельзя, так как направление ветра на высоте, где скорость равна нулю, неопределённое. В этом случае данные ветра на высоте середины слоя можно перенести на стандартную высоту, если толщина слоя между стандартной высотой и ближайшей

высотой середины слоя не превышает 10% толщины слоя между соседними стандартными уровнями (исключая уровни 0,3, 0,6 и 0,9 км), пользуясь таблицей 4.

Таблица 4.

Высоты данные на которых могут быть отнесены к стандартному уровню

Высота середины слоя, м		Направление ветра можно отнести к стандартной высоте, км	Высота середины слоя, м		Направление ветра можно отнести к стандартной высоте, км
от	до		от	до	
90	110	0,1	1950	2100	2,0
190	210	0,2	2900	3100	3,0
270	330	0,3	3900	4100	4,0
470	530	0,5	и т.д. до 10000		
550	650	0,6	9900	10200	10,0
850	950	0,9	11800	12200	12,0
950	1050	1,0	13800	14200	14,0
1450	1550	1,5	и т.д.		

В тех случаях, когда последняя высота середины слоя расположена ниже стандартного уровня, приравнивание данных ветра на ней к стандартному уровню производится в соответствии с этой же таблицей.

При определении ветра для стандартных уровней, когда имеются пропуски в отсчётах углов, необходимо руководствоваться следующим правилом:

- если определена высота середины слоя для участка с пропущенными отсчётами углов, то независимо от числа стандартных уровней, расположенных на участке с пропуском отсчётов высоты середины слоя, следует проводить интерполяцию данных ветра для этих уровней.

Нельзя производить интерполяцию скорости и направления ветра между данными флюгера и шара-пилота.

Направление и скорость ветра на заданных уровнях можно определять путём снятия их с кривых распределения ветра по высоте с точностью: скорость ветра – 1 м/с; направление ветра – 4° при скоростях ветра 1 - 3 м/с, 2° при скоростях ветра более 3 м/с.

Полученные значения скорости и направления ветра, отнесённые к высотам середин слоёв над уровнем моря, наносят на график в масштабе: по вертикали 1 см – 200 м, по горизонтали 1 см – 2 м/с и 1 см – 10°. Начальной точкой будет являться скорость и направление ветра у поверхности земли (по флюгеру либо по М-63). Нанесённые точки соединяют непрерывными ломаными линиями.

С графика снимают значения скорости и направления ветра на стандартных высотах над поверхностью земли и над уровнем моря, на высотах изобарических поверхностей, высотах особых точек, уровнях наибольшей и максимумов скорости ветра.

В основу критерия для выбора особых точек ветра положена возможность восстановления по этим точкам кривой изменения с высотой направления ветра с точностью до 10°, скорости ветра до 5 м/с. Особыми точками ветра являются: поверхность земли, конечная высота подъёма, границы пропуска в наблюдениях и уровни резкого изменения ветра.

Выбирают особые точки ветра. С этой целью на построенных кривых изменения ветра с высотой намечают предполагаемые особые точки, то есть точки, в которых наблюдается значительный излом кривых. Далее последовательно, начиная с поверхности земли (эта точка всегда относится к числу особых), в порядке возрастания высоты, исследуют все изломы на кривых $V(H)$ и $d(H)$.

Для этого соединяют пунктирной прямой линией две соседние с исследуемой точкой, нижележащую уже выбранную особую точку и вышележащую предполагаемую

особую точку. На этой прямой на уровне исследуемой точки отсчитывают линейно интерполированное значение скорости и направления ветра. Исследуемую точку включают в число особых, если:

- линейно интерполированное значение скорости отличается от действительного более чем на 5 м/с;

- линейно интерполированное значение направления ветра отличается от действительного более чем на 10° .

При скорости ветра 1-2 м/с особые точки направления ветра не выбирают, за исключением случаев ярко выраженного поворота ветра, подтверждаемого данными на нескольких соседних высотах средин слоёв.

Если у поверхности земли был штиль, то высоту середины первого слоя после штиля берут как особую точку направления ветра.

Если штиль наблюдается на некоторой высоте, то высоту середины последнего слоя до штиля и высоту середины первого слоя после штиля включают в число особых точек, если они удовлетворяют критерию выбора особых точек.

Выбор наибольшей скорости и максимумов скорости ветра.

В число обязательных уровней, предназначенных для включения в телеграмму по коду КН-03, входят уровень наибольшей скорости ветра и уровни максимумов скорости ветра.

Наибольшая скорость и максимумы скорости ветра определяются на высотах более 5,5 км над уровнем моря при скорости ветра более 30 м/с. Для уровней максимумов, включаемых в телеграмму, дополнительно должно выполняться следующее условие:

- скорость ветра на уровнях, расположенных на 2 км выше и на 2 км ниже уровня максимума, должна быть меньше скорости ветра на уровне максимума на 10 м/с и более.

Наибольшую скорость выбирают независимо от того, наблюдается ли она на уровне максимума скорости или нет.

Уровни наибольшей скорости и максимумов скорости ветра определяют по значениям скорости ветра на высотах средин слоёв в книжке КАЭ-1, полученным в результате обработки (или непосредственно по графику изменения ветра с высотой). Просматривая ход скорости ветра с высотой, намечают для анализа уровни максимумов, скорость ветра на которых больше 30 м/с и одновременно выбирают наибольшую скорость ветра. В одном подъёме выбирают не более четырёх уровней максимумов и двух уровней с наибольшей скоростью ветра, из них не более двух уровней максимумов и одного уровня с наибольшей скоростью ветра выбирают в слое от 5500 до 16000 м и не более двух уровней максимумов и одного с наибольшей скоростью ветра выше 16000 м.

Если в подъёме зафиксировано большее число максимумов, удовлетворяющих указанным выше условиям выбора максимума, то выбирают максимумы с большими значениями скорости ветра. Если наблюдаются несколько максимумов с одинаковой скоростью ветра, а все они не могут быть взяты из-за ограничения количества уровней, то выбирают максимумы, наблюдающиеся на более низких уровнях.

Когда наибольшая скорость ветра наблюдается на нескольких уровнях, выбирают только один нижний уровень, а остальные выбирают в том случае, если они удовлетворяют критериям максимума. Наибольшую скорость ветра следует выбирать и в случае, если она наблюдается на границах пропусков в наблюдениях.

Для каждого выбранного максимума скорости ветра вычисляют вертикальный сдвиг ветра (абсолютное значение векторной разности ветра в м/с) в километровом слое ниже и в километровом слое выше уровня максимума. Вертикальный сдвиг скорости ветра определяют следующим образом.

Путём линейной интерполяции определяют направление и скорость ветра на уровнях, расположенных на 1 км ниже и на 1 км выше уровня максимума.

Если направление ветра на уровне максимума отличается от направления ветра на уровне, расположенном на 1 км ниже или на 1 км выше уровня максимума, на 20° и менее, то вертикальный сдвиг скорости ветра в этом слое равен абсолютному значению разности скоростей ветра на уровне максимума и на уровне, расположенном на 1 км ниже или на 1 км выше него.

Если направление ветра на уровне максимума отличается от направления ветра на уровне, расположенном на 1 км ниже или выше уровня максимума, более чем на 20° , то вертикальный сдвиг скорости ветра в этом слое определяют с учётом изменения направления ветра:

$$\Delta V_1 = \sqrt{V_{\max}^2 + V_1^2 - 2 V_{\max} V_1 \cos(d_{\max} - d_1)} \quad , \quad (15)$$

где V_{\max} и d_{\max} – скорость и направление ветра на высоте максимума скорости ветра соответственно, V_1 и d_1 – соответственно скорость и направление ветра на уровне который на 1 км ниже (или выше) высоты максимума скорости ветра.

Для наибольшей скорости ветра вертикальный сдвиг определяют только в том случае, если наибольшая скорость ветра одновременно является максимумом.

Критический контроль шаропилотных наблюдений.

Критический контроль производится с целью исправления технических и методических ошибок, допущенных при проведении и обработке наблюдений.

Сразу после окончания обработки наблюдений производят критический контроль в следующем порядке:

1) Обращают внимание на направление и скорость ветра у поверхности земли (по флюгеру) и на первой высоте середины слоя. Эти данные должны примерно совпадать между собой при умеренных и сильных ветрах. Если расхождения между этими данными не обусловлены особыми орографическими условиями станции или особенностями места установки флюгера, то они могут быть вследствие:

- ошибок, допущенных при определении ветра по флюгеру;
- неверного отсчёта углов для первого момента времени наблюдений;
- неверного нанесения проекции шара на планшет А-30 для первого момента наблюдений;
- неверного определения направления ветра по кругу А-30 (отсчёт произведён не по тому концу диаметра круга);
- неправильной ориентировки теодолита;
- отсчётов по теодолиту с незакреплённым лимбом.

Для случаев, когда горизонтальный угол от земли и до первого отсчёта изменяется мало, приближённая проверка правильности скорости ветра для первой высоты середины слоя может быть осуществлена при помощи таблицы.

В таблице 5 даны скорости ветра в зависимости от значений вертикального угла и вертикальной скорости, получаемые в результате обработки первого отсчёта вертикального угла.

2) Сравнивают значение первого отсчёта горизонтального угла с первым значением направления ветра. Расхождение между ними должно быть около $180 \pm 5^\circ$.

3) Обращают внимание на соответствие последнего отсчёта горизонтального угла записи «Направление, в котором скрылся шар». Совпадение должно быть в пределах одного румба (при делении горизонта на 8 румбов). Превышение указанного допуска

может быть из-за сдвига теодолита при наблюдениях, неверной записи направления в котором скрылся шар, ошибок в последнем отсчёте по горизонтальному лимбу.

4) Просматривается ход ветра от уровня к уровню. Особое внимание обращают прежде всего на скачки направления и скорости ветра, так как в большинстве случаев они связаны с какими-либо ошибками в наблюдении или обработке.

Таблица 5.

Зависимость вертикального угла от скорости ветра
для первой высоты середины слоя

Вертикальная скорость, м/мин	Вертикальный угол, ° (градусы)														
	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
120	11	9	8	7	6	5	4	4	3	2	2	2	1	1	0
140	14	12	10	8	8	7	5	4	4	3	2	2	1	1	0
160	16	13	11	10	9	8	6	5	4	3	3	2	2	1	1
180	18	15	12	11	10	9	7	6	5	4	3	3	2	1	1
200	20	16	14	12	11	10	8	6	5	4	3	3	2	1	1
220	21	18	15	13	12	10	8	7	6	5	4	3	2	1	1

Большие изменения направления ветра, как правило, наблюдаются при малых скоростях ветра, а большие скорости сопровождаются малым изменением направления ветра.

При необходимости ход ветра по высотам сопоставляют с ходом углов. В большинстве случаев соотношение между ходом углов и ходом ветра по высоте подчиняется следующим двум правилам:

- уменьшение значений вертикальных углов характеризует усиление скорости ветра с высотой, а увеличение значений вертикальных углов связано с уменьшением скорости ветра с высотой (как правило, при постоянных или мало меняющихся горизонтальных углах);

- увеличение значений горизонтальных углов сопровождается правым поворотом ветра на высотах, а уменьшение значений горизонтальных углов сопровождается левым поворотом ветра на высотах.

В том случае, когда увеличение вертикальных углов не сопровождается уменьшением скорости ветра, следует проанализировать траекторию пути шара, поскольку такая картина может иметь место и при приближении шара к месту наблюдения.

Ошибочные скачки в скорости ветра могут быть из-за следующих ошибок в обработке:

- значения скорости ветра для полуминутных промежутков при снятии с планшета А-30 не были умножены на 2;

- значения скорости ветра для двухминутных промежутков при снятии с планшета А-30 не были разделены на 2;

- при снятии значений скорости ветра с планшета А-30 не было учтено изменение масштаба высоты при построении проекции траектории шара.

5) Особое внимание следует уделять высоким подъёмам шара-пилота, так как большие высоты могут оказаться ложными вследствие наблюдения за уравновесившимся шаром. Объём шара в полёте увеличивается пропорционально уменьшению плотности воздуха с высотой. На некоторой высоте объём оболочки достигает своего наибольшего значения, соответствующего пределу растяжения оболочки. В этот момент оболочка обычно лопаётся. Если же в оболочке образуется свищ, то шар в дальнейшем будет подниматься с уменьшающейся вертикальной скоростью, затем может уравновеситься и

даже медленно опускаться. Признаком потери шаром вертикальной скорости может явиться резкое возрастание скорости ветра в конце наблюдения.

При сравнении данных ветра на одних и тех же стандартных уровнях в соседние сроки наблюдений должны быть проанализированы все случаи резкого изменения ветра на высотах. Следует иметь в виду, что резкие изменения как скорости, так и направления ветра должны быть связаны с соответствующими изменениями погоды. В однородных воздушных массах, то есть при установившейся погоде, ветер на высотах мало изменяется от одного срока наблюдений к другому.

Базисные шаропилотные наблюдения.

Базисные шаропилотные наблюдения, как и шаропилотные наблюдения с одного пункта имеют целью определение скорости и направления ветра в свободной атмосфере. Применяют базисные наблюдения в тех случаях, когда необходимо иметь более точные сведения о ветре.

Предположение о постоянстве с высотой вертикальной скорости поднимающегося шара-пилота как правило не оправдывается. Основной причиной этого явления являются беспорядочные турбулентные движения воздуха в атмосфере. Поэтому отклонения реальной вертикальной скорости полёта шара-пилота от расчётной (теоретической) могут достигать очень больших значений как положительных, так и отрицательных. Это обстоятельство приводит к необходимости определять высоту шара-пилота, а вместе с этим и его вертикальную скорость тригонометрическим способом. Для этой цели в аэрологии применяется метод базисных наблюдений.

Метод базисных шаропилотных наблюдений заключается в том, что за движением летящего шара производятся наблюдения одновременно двумя аэрологическими теодолитами, установленными на концах базы, то есть на определенном точно измеренном расстоянии один от другого. Отсчеты углов по обоим теодолитам производятся в строго определенные моменты. Зная длину базы, ее азимут и относительную высоту пунктов установки теодолитов (превышение одного из них над другим), по отсчитанным углам тригонометрическим путем вычисляют высоты шара для каждого момента времени. Далее скорость и направление ветра определяются аналогично методу шаропилотных наблюдений с одного пункта.

Место для разбивки базы должно удовлетворять следующим требованиям :

1) Первый теодолит (1 пункт) должен быть установлен недалеко от помещения для наполнения шаров.

2) Место для установки каждого теодолита должно быть достаточно открытое, так чтобы вертикальный угол закрытости горизонта не превышал 5° во всех направлениях. В частности же, в направлении со второго теодолита на первый (не менее 30° по горизонту) вертикальный угол не должен превышать 1° , чтобы не утратить шар в первые моменты после выпуска. Исключения могут составлять лишь отдельные предметы с небольшими угловыми размерами по горизонту (столбы, трубы).

3) Теодолиты, установленные на концах базы, должны быть взаимно видимы.

4) База должна иметь направление по возможности перпендикулярное к господствующим ветрам.

Базисные шаропилотные наблюдения обычно проводятся тремя наблюдателями, из которых один находится на связи с пунктами базы и подаёт отсчёты времени и принимает отсчёты углов по теодолитам, а два других ведут наблюдения непосредственно на первом и втором теодолитных пунктах.

Наблюдения прекращаются лишь тогда, когда шар, наблюдаемый в теодолит, становится невидимым.

По прекращении наблюдений немедленно производится их обработка.

Разбивка базы.

Необходимо разбить две базы по одному направлению примерно перпендикулярному по отношению к господствующим направлениям ветра: первая длиной 1200 – 2000 м, вторая 400 – 600 м. Длинная база предназначена для наблюдений в ясную погоду и при облаках верхнего и среднего ярусов до высоты 8 - 10 км. Короткая база – для наблюдений при сплошной низкой облачности до высоты 1000 - 2000 м.

Когда направление и конечные пункты базы намечены, приступают к определению длины базы. При достаточно горизонтальной и ровной поверхности земли, расстояние между конечными пунктами измеряется непосредственно стальной мерной лентой. Промер производится в три раза и за длину принимается среднее арифметическое из трех измерений с точностью до 1 м. Допустимо применение других методов измерений обеспечивающих требуемую точность.

При затруднениях непосредственного измерения ее лентой измерения проводятся тригонометрическим способом: методом прямоугольных или косоугольных треугольников. Для этого на одном из намеченных базисных пунктов разбиваются две вспомогательные базы по обе стороны основной. Если позволяет местность, то эти базы располагаются под прямым углом к основной (рис. 17.). В противном случае, вспомогательные базы разбиваются под любыми углами к основной (рис. 18.). Следует лишь соблюсти условие, чтобы углы при другом пункте основной базы (углы 1 и 2 на рис. 1, 2, 3) были не менее 6° . При разбивке вспомогательных базисов нужно обеспечить взаимную видимость между их конечными пунктами и пунктами основной базы. В случае невозможности соблюсти эти условия допускается разбивка вспомогательных базисов по одну сторону основной, делая их различной длины (рис. 19).

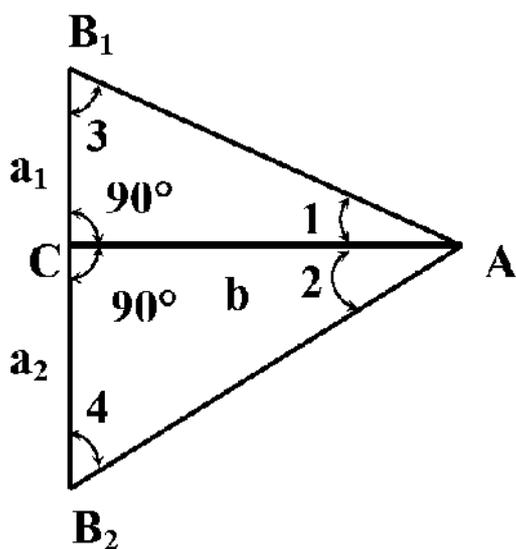


Рис. 17. Измерение базы с помощью прямоугольных треугольников.

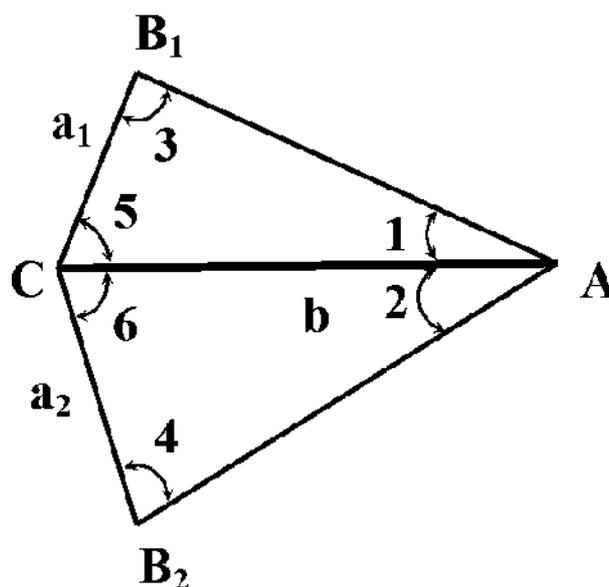


Рис. 18. Измерение базы с помощью косоугольных треугольников.

Вспомогательные базы должны быть не короче 0,1 основной базы. За их длину принимается среднее арифметическое из трех измерений стальной лентой, с точностью до 0,1 м.

На концах основной базы, в точках A и C и на концах вспомогательных баз в точках B_1 и B_2 устанавливаются вехи и измеряются углы 1, 2, 3, 4, 5 и 6 геодезическим теодолитом с точностью отсчетов до $1'$. Если в результате измерений сумма углов в полученных треугольниках будет отклоняться от 180° , то неувязку следует распределить между измеренными углами поровну. В исключительных случаях допускается измерение углов аэрологическими теодолитами, с точностью отсчетов $0,1^\circ$. При этом нужно брать вспомогательные базы несколько большей длины и впоследствии уточнить все измерения одномоментным теодолитом.

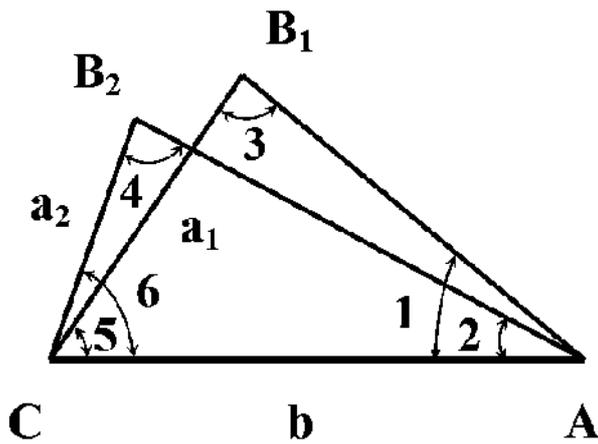


Рис. 19. Измерение базы с помощью треугольников, расположенных по одну сторону базисной линии.

В случае разбивки прямоугольных треугольников длина основной базы b вычисляется по формулам:

$$b = a_1 \operatorname{ctg}(\angle 1) \quad , \quad (16)$$

$$b = a_2 \operatorname{ctg}(\angle 2) \quad . \quad (17)$$

При косоугольных треугольниках вычисления производится по формулам:

$$b = a_1 \frac{\sin(\angle 3)}{\sin(\angle 1)} \quad , \quad (18)$$

$$b = a_2 \frac{\sin(\angle 4)}{\sin(\angle 2)} \quad . \quad (19)$$

За истинную длину базы в обоих случаях принимается среднее арифметическое из полученных значений, с точностью до 1м.

При отклонениях вычисленных по формулам величин от среднего значения более чем 0,5%, измерения длин вспомогательных базисов и всех углов следует повторить.

Определение превышения одного базисного пункта над другим производится путём обычного нивелирования. Допускается определение взаимного превышения одного базисного пункта над другим производить тригонометрическим способом. Для этого устанавливают теодолит с точностью измерений 1' на первом пункте и, наведя трубу на второй пункт, отсчитывают вертикальный угол ε (рис. 20). Превышение h вычисляется по формуле, при этом нужно учитывать поправку на смещение места нуля вертикального круга:

$$h = b \operatorname{tg} \varepsilon \quad , \quad (20)$$

где b – длина базы. В зависимости от требуемой точности ветровых наблюдений допускается измерять углы теодолитами с точностью отсчётов в 0,1°.

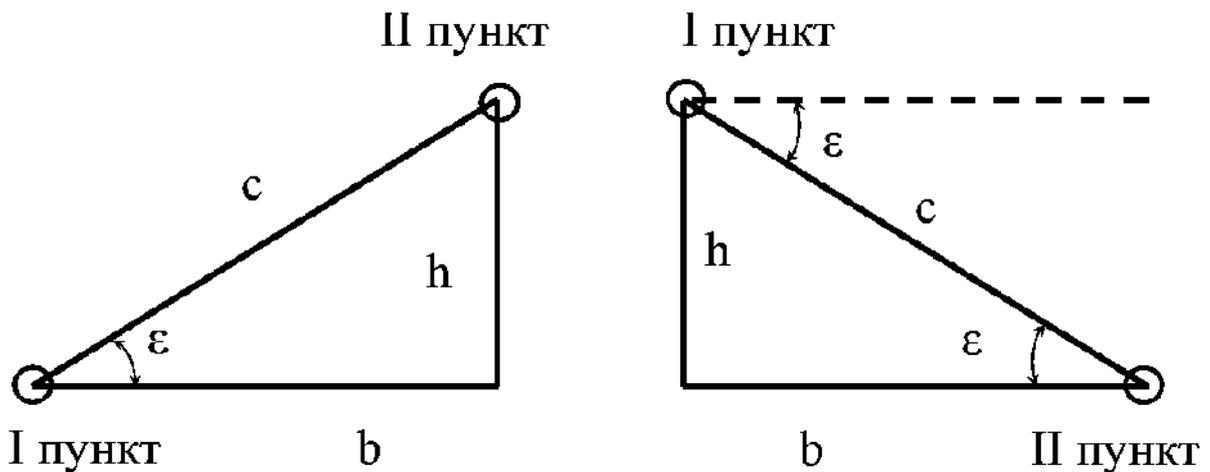


Рис. 20. Длина базы b расстояние между пунктами базы c , превышение одного пункта над другим h и угол превышения ε .

Если h определено нивелировкой, то необходимый при обработке угол ε вычисляется по формуле:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{h}{b} \quad , \quad (21)$$

Значения превышения одного пункта над другим и вертикального угла указываются без учёта знака, при этом отмечается положение второго пункта относительно первого.

После определения h вычисляется расстояние между пунктами c . Вычисление ведётся по формулам:

$$c = \sqrt{h^2 + b^2} \quad . \quad (22)$$

За азимут базы принимается угол, составленный географическим меридианом и направлением с первого пункта базы на второй. Угол отсчитывается от 0 до 360° от точки “север” через точку “восток”, с точностью до 1° .

В стационарных условиях азимут базы определяется по Полярной звезде. В ясный вечер, когда на небе хорошо видны звёзды, на втором пункте базы устанавливается фонарь, а на первом – теодолит. На теодолите нужно предварительно подвести индекс, по которому производят отсчёты горизонтальных углов, к 0° горизонтального круга и освободив стопорный винт навести трубу на Полярную звезду. Затем закрепить стопорный винт и навести трубу теодолита на второй базисный пункт. Отсчёт горизонтального угла даёт азимут базы.

После оборудования пунктов базы определяют высоту теодолита первого пункта над уровнем моря. Для этого связывают нивелировкой теодолит первого пункта с нулем шкалы барометра, установленного на станции, высота которого над уровнем моря всегда известна.

Все операции по разбивке базы и определению её элементов, а также полученные результаты – длина, азимут, высота теодолита первого пункта над уровнем моря, разность высот пунктов, угол ε и расстояние между пунктами c – необходимо зафиксировать в паспорте станции.

Установка и проверка теодолитов.

Установка теодолитов на базисных пунктах заключается в следующем:

- 1) закрепление теодолитов,
- 2) установка по уровню,
- 3) фокусировку окуляра,
- 4) ориентировку по базе.

Закрепление теодолитов, установка по уровню и фокусировка окуляра производятся согласно описанию теодолита. Во избежание лишних движений, наводку трубы для фокусировки окуляра следует производить на противоположный базисный пункт.

Ориентируется теодолиты таким образом, чтобы при направлении труб в одну сторону – от первого пункта вдоль базисной линии и ее продолжения – отсчеты горизонтальных углов по обоим теодолитам были одинаковы и равнялись 0° (рис. 21).

Закрепив, установив по уровню и отфокусировав теодолиты, подводят индексы, по которым будут производиться отсчёты горизонтальных углов: на первом пункте к 0° , а на втором к 180° горизонтальных кругов. Затем освобождают стопорные винты и направляют трубы на противоположные пункты базы так, чтобы изображение их теодолитов

полностью совпадало с изображением креста нитей и закрепляют стопорные винты. Окончив ориентировку, проверяют не сместились ли индексы с соответствующих делений горизонтальных кругов.

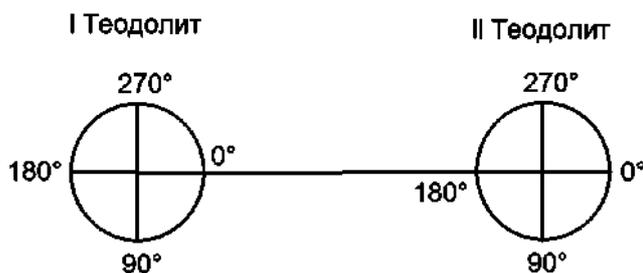


Рис. 21. Схема установки теодолитов на концах базы.

При ориентировке нужно следить за тем, чтобы трубы теодолитов находились в “рабочем” положении, т.е. чтобы отсчеты по вертикальным кругам при наведении на противоположные базисные пункты были близки к 0° (а не к 180°).

Проверка теодолитов производится перед началом и по окончании каждого наблюдения. Проверка преследует две цели:

1) выявление величин смещения нуля вертикального круга и угла

коллимации,

2) установлении отсутствия сдвига теодолитов в процессе наблюдения.

Трубу установленного и ориентированного теодолита наводят на теодолит противоположного пункта так, чтобы его изображение совпало с крестом нитей, и отсчитывают горизонтальный и вертикальный угол. Данные записываются в графу “Наводка до наблюдений” книжки наблюдений (приложение 7).

Затем, поворачивая трубу вокруг горизонтальной оси, переводят его через зенит и, повернув на 180° вокруг вертикальной оси, наводят на тот же пункт. Добившись совмещения изображения с крестом нитей, отсчитывают углы и записывают в графу “Перекидка до наблюдений”.

По окончании наблюдений операция повторяется в том же порядке и результаты записываются в графы “Наводка и Перекидка после наблюдений”.

Вычисление величины и определение знака поправки на смещение нуля вертикального круга производится по формуле:

$$\Delta\delta_0 \text{ или } \Delta\gamma_0 = \frac{180 - (H + П)}{2}, \quad (23)$$

где $\Delta\delta_0$ – поправка к вертикальным углам на первом пункте, $\Delta\gamma_0$ – поправка к вертикальным углам на втором пункте, H – отсчет вертикального угла при наводке, $П$ – отсчет вертикального угла при перекидке. Если сумма углов при наводке и перекидке больше 360° , то в таких случаях к 180° нужно прибавить 360° .

Вычисление угла коллимации K производится по формуле:

$$K = \frac{(П - H) - 180}{2}, \quad (24)$$

где $П$ – отсчет горизонтального угла при перекидке, H – отсчет горизонтального угла при наводке. Если отсчёт при перекидке меньше отсчёта при наводке, то для вычисления угла коллимации нужно к отсчёту при перекидке прибавить 360° .

Изменение величин смещения нуля вертикального круга или угла коллимации более $0,1^\circ$ от проверки к проверке указывает на неисправности теодолита, требующие его ремонта. Ремонт теодолита необходим и в тех случаях когда угол коллимации превосходит $0,4^\circ$.

Значения горизонтальных углов при наводке и перекидке до наблюдений должны совпадать со значениями этих углов после наблюдений. Расхождение допускается на $\pm 0,1^\circ$. Превышение этого допуска указывает на то, что теодолит был сдвинут в процессе наблюдений и базисная обработка не может быть проведена.

Производство наблюдений.

На каждом пункте находятся два наблюдателя имеющих при себе теодолит, средства связи, секундомер, бланк наблюдений (приложение 7) и карандаш.

За 10-15 мин. до выпуска производится установка и проверка теодолитов на пунктах базы. В это время помощник наблюдателя первой базы отсчитывает и заносит в бланк наблюдений давление по барометру, наполняет шар и записывает его размеры и подъемную силу, а также дату и порядковый номер шара-пилота. За 5 мин. до срока выпуска определяет по стационарным установкам температуру, влажность и ветер, в соответствии с требованиями наставления по производству метеорологических наблюдений и заносит результаты в бланк.

За 5 сек. до выпуска помощник наблюдателя на первом пункте подает команду “без пяти”, “без двух”, а с наступлением срока – команду “пуск” и при этом включает секундомер. Выпускающий на первом пункте по команде “пуск” выпускает шар. Выпускающий и помощник наблюдателя первого пункта может быть один человек.

Отсчеты на обоих наблюдательных пунктах производятся с точностью $0,1^\circ$ через каждые 0,5 мин. для первых трех минут наблюдений, а далее – через каждую 1 мин. до конца наблюдений.

Помощник наблюдателя на первом пункте следит за секундомером и за 5 сек. до наступления каждого момента отсчета подает команду “без пяти”, “без двух”, а с наступлением момента – команду “отсчет”. После чего услышав отсчеты с первого теодолита, записывает их в бланк. Помощник наблюдатель на втором пункте дублирует команды с первого пункта и записывает отсчеты со второго теодолита.

Наблюдатели при теодолитах, по команде “без пяти” подводят изображения шара к крестам нитей теодолитов, а по команде “отсчет” отсчитывают горизонтальные и вертикальные углы с точностью до $0,1^\circ$.

В случае пропуска отсчета на каком-либо теодолите помощник наблюдателя ставит тире против соответствующей минуты в наблюдательском бланке этого теодолита.

В момент затуманивания шара при вхождении в облако наблюдатели сообщают “туманится” с указанием формы облаков. Этот момент записывается в бланк наблюдений соответствующего пункта или в оба бланка с точностью до 1 сек. Возможно, что затуманивание будет отмечено пунктами не одновременно, и тогда запись делается в разные моменты.

Когда шар становится невидим, наблюдения прекращаются, и наблюдатели сообщают об этом с указанием причин. В бланках каждого теодолита делаются соответствующие отметки с указанием времени, с точностью до 1 сек. Время и причина прекращения наблюдений могут быть различные на каждом теодолите.

По прекращении наблюдений на обоих пунктах производится проверка теодолитов, определяется облачность и другие метеорологические явления и данные записываются в бланки. Помощник наблюдателя первого пункта определяет параметры ветра и сообщает их для записи в бланк.

В случае утери шара на первых минутах обоими пунктами, повторный выпуск проводится таким же порядком как и первый.

Обработка наблюдений.

Содержание обработки.

Обработка базисных наблюдений заключается в вычислении истинных высот шара-пилота и средних скоростей, и направлений ветра для различных высот. Вычисление высот производится путем решения треугольников. Определение скоростей и направлений ветра производится графическим методом, путем нанесения на круге Молчанова проекций шара-пилота на горизонтальную плоскость.

По окончании наблюдения приступают к обработке полученных данных в следующем порядке:

- 1) проверяют синхронность отсчетов углов,
- 2) вычисляют инструментальные поправки на смещения вертикального круга и коллимацию,
- 3) вычисляют теоретическую вертикальную скорость шара-пилота,
- 4) производят анализ наблюдений и распределяют минуты обработки по формулам вычисления высот,
- 5) вычисляют истинные высоты и вертикальные скорости шара-пилота в определенных интервалах,
- 6) вычисляют высоты шара-пилота для всех промежуточных отсчетов и вычисляют высоты средин слоев,
- 7) вычисляют высоты облаков в случае вхождения шара в облака,
- 8) определяют скорость и направления ветра в слоях между отсчетами в теодолит,
- 9) находят скорость и направление ветра на стандартных высотах и особые точки по ветру.

Введение поправок в отсчёты углов по теодолитам.

Вычисление теоретической вертикальной скорости.

Инструментальные поправки вычисляются как указано выше. Вычисленные значения смещения нуля вертикального круга и угла коллимации с их знаками записываются в первые строки бланков.

Величины поправок, определенных до наблюдений и после наблюдений, могут отличаться на величину, равную точности отсчетов, т.е. на $0,1^\circ$. За окончательную величину поправки принимается среднее из этих двух значений, с округлением до $0,1^\circ$. При округлении $0,05^\circ$ отбрасываются. Если же поправки расходятся более чем на $0,1^\circ$, то наблюдение бракуется.

Поправка на смещение места нуля вертикального круга вводится в обработку путем сложения с вертикальными углами, отсчитанными и записанными во время наблюдений. Поправка вводится лишь в тех случаях, когда величина ее превосходит $0,1^\circ$.

Коллимационная поправка вводится в обработку путем сложения ее с горизонтальными углами отсчитанными и записанными во время наблюдений. Поправка вводится лишь в том случае, если величина ее превышает $0,1^\circ$. Следует иметь в виду, что величина поправки не остается постоянной, так как зависит не только от величины угла коллимации, но и от величины вертикального угла (таблица 6). Эта зависимость выражается формулами:

для углов первого пункта:

$$\Delta\alpha = K_\alpha \left(\frac{1}{\cos \delta} - 1 \right) , \quad (25)$$

для углов второго пункта:

$$\Delta\beta = K_{\beta} \left(\frac{1}{\cos \gamma} - 1 \right) , \quad (26)$$

где $\Delta\alpha$ – поправка к горизонтальным углам на первом пункте, δ – вертикальные углы на первом пункте, K_{α} – коллимационный угол первого теодолита, $\Delta\beta$ – поправка к горизонтальным углам на втором пункте, γ – вертикальные углы на втором пункте, K_{β} – коллимационный угол второго теодолита. Знаки поправок те же что и знаки угла коллимации.

Таблица 6.

Коллимационные поправки

Вертикальный угол δ или γ , °	Угол коллимации K_{α} или K_{β}			
	0,1°	0,2°	0,3°	0,4°
40	0,0	0,0	0,1	0,1
50	0,0	0,1	0,2	0,2
55	0,0	0,1	0,2	0,3
60	0,1	0,2	0,3	0,4
65	0,1	0,3	0,4	0,6
70	0,2	0,4	0,6	0,8
75	0,3	0,6	0,9	1,1
80	0,5	0,9	1,4	1,9
82	0,6	1,2	1,9	2,5
83	0,7	1,4	2,2	2,9
84	0,9	1,7	2,6	3,4
85	1,0	2,1	3,1	4,2

При обработке скорости и направления ветра на круге Молчанова, указанные инструментальные поправки вводятся в отсчеты углов, если по абсолютной величине они больше 0,2°.

Вычисление теоретической вертикальной скорости производятся по “Таблицам для определения вертикальных скоростей шара-пилота”, согласно “Наставления”, вып. 4, ч. 1.

По данным наводки и перекидки до и после наблюдений определяют – не имело ли место смещение горизонтального круга или не был ли сбит теодолит в целом. Если окажется, что отсчеты горизонтальных углов по теодолитам (или одному из них), при наводке до и после наблюдений, расходятся более чем на 0,1°, то наблюдения бракуются для базисной обработки и обрабатываются с одного пункта по теодолиту, сохранившему установку.

Выбор формул для базисной обработки.

Способ вычисления высот шара-пилота при базисных наблюдениях зависит от пространственного положения перемещающегося шара в каждый момент времени относительно базы. При расположении шара-пилота на достаточно далёком расстоянии от вертикальной плоскости, проходящей через базу, пользуются способом проектирования положения шара-пилота на горизонтальную плоскость. Если же шар-пилот расположен вблизи вертикальной плоскости, проходящей через базу, то пользуются способом проектирования на вертикальную плоскость.

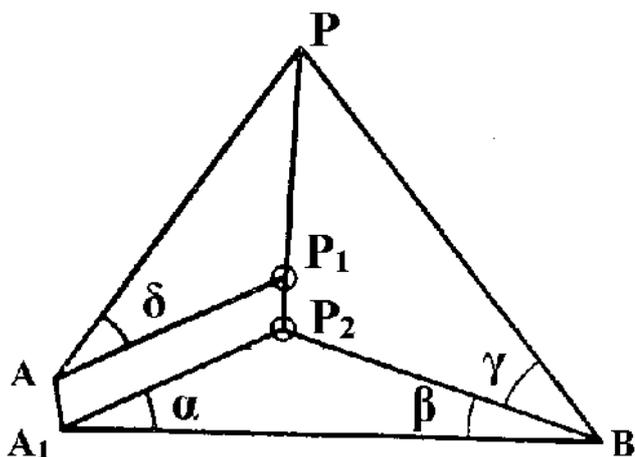


Рис. 22. Проекция шара-пилота и визирных линий на горизонтальную плоскость.

плоскость проходящую через точку B , через P_2 . Высоту шара-пилота относительно горизонтальной плоскости, проходящей через точку A , обозначим H_δ , а относительно плоскости, проходящей через точку B – через H_γ .

Углы, образуемые проекциями AP_1 и BP_2 визирных линий AP и BP на горизонтальную плоскость и базой, обозначим соответственно через α и β , а вертикальные углы этих визирных линий – через δ и γ .

Для вычисления высот шара-пилота при базисных наблюдениях применяются две формулы при проектировании на горизонтальную плоскость:

$$H_\delta = \left| b \frac{\sin \beta}{\sin |\alpha - \beta|} \operatorname{tg} \delta \right|, \quad (27)$$

$$H_\gamma = \left| b \frac{\sin \alpha}{\sin |\alpha - \beta|} \operatorname{tg} \gamma \right|, \quad (28)$$

где H_δ – высота шара-пилота над теодолитом первого пункта в метрах, H_γ – высота шара-пилота над теодолитом второго пункта в метрах, b – длина базы в метрах, α и δ – горизонтальный и вертикальный углы по первому теодолиту, β и γ – горизонтальный и вертикальный углы по второму теодолиту, $|\alpha - \beta|$ – абсолютная разность этих углов (получается вычитанием меньшего угла из большего).

Рассмотрим случай, когда шар-пилот находится достаточно близко к вертикальной плоскости проходящей через базу. Допустим что теодолиты установлены на одной высоте в точках A и B (рис 23). Пусть точка P' представляет собой проекцию шара-пилота на вертикальную плоскость которая проходит через базу.

Углы δ' и γ' являются проекциями вертикальных углов δ и γ теодолитов на вертикальную плоскость.

Рассмотрим случай, когда шар-пилот находится достаточно далеко от вертикальной плоскости проходящей через базу (рис. 22). Допустим что теодолиты установлены на разных высотах в точках A и B с превышением одной точки над другой, равным $AA_1 = h$. Длину базы A_1B обозначим через b .

Допустим, что шар-пилот в некоторый момент времени находится в точке P . Обозначим проекцию шара-пилота на горизонтальную плоскость, проходящую через точку A , через P_1 , а его проекцию на горизонтальную

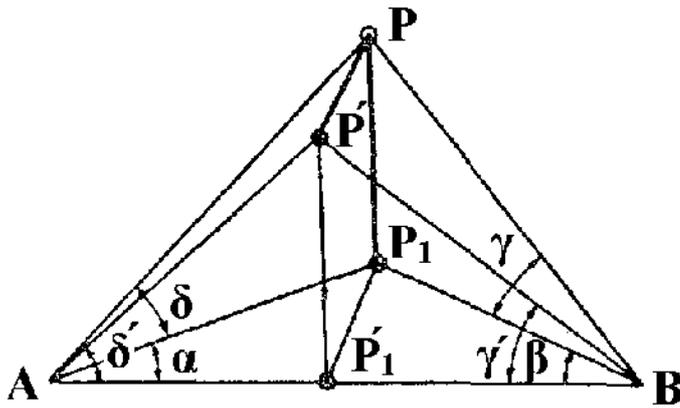


Рис. 23. Проекция шара-пилота и визирных линий на горизонтальную и вертикальную плоскости.

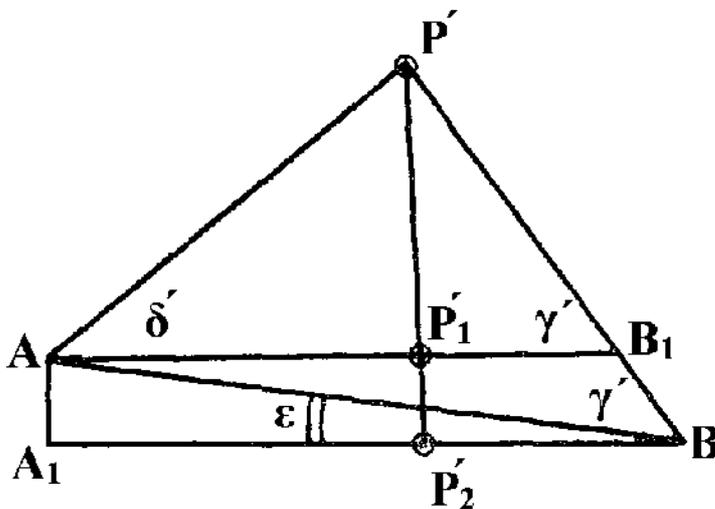


Рис. 24. Проекция шара-пилота и визирных линий на вертикальную плоскость при разных высотах пунктов базы.

В том случае, когда пункты базы расположены на разных высотах необходимо учитывать вертикальный угол ε под которым виден из точки B теодолит установленный в точке A (рис 24).

Расстояние между теодолитами базы AB обозначим через c .

При проектировании шара-пилота на вертикальную плоскость вычисление высоты шара ведется по формуле:

$$H = c \frac{\sin \delta' \sin (\gamma' \pm \varepsilon)}{\sin |\delta' \pm \gamma'|}, \quad (29)$$

где H – высота шара-пилота над теодолитом первого пункта в метрах, c – расстояние между пунктами базы в метрах, δ' – проекция вертикального угла с первого пункта на вертикальную плоскость, γ' – тоже со второго пункта, ε – вертикальный угол под которым виден теодолит второго пункта с первого пункта.

Применение той или иной формулы обуславливается значениями входящих в них углов. Поэтому, приступая к обработке, необходимо предварительно проанализировать

углы, полученные при наблюдениях.

Обычно обработку ведут проектированием на горизонтальную плоскость. Однако при определенных углах ошибки вычисления по формулам проектирования на горизонтальную плоскость становятся велики и тогда переходят на вычисление по формуле проектирования на вертикальную плоскость.

Переходить на вычисление проектированием на вертикальную плоскость следует:

- 1) при горизонтальных углах α или β , отличающихся от 0 или 180° менее чем на 2°, а именно, если: α или β больше 358° или меньше 2°; α или β больше 178°, но меньше 182°,
- 2) при разности $(\alpha - \beta)$ меньше 4° или больше 176°,
- 3) при вертикальных углах δ или γ больше 88°.

При значениях углов δ или γ меньше 2°, а также при значениях и $(\alpha - \beta)$ и одновременно $|\delta' \pm \gamma'|$ меньше 4° вычисление высот не производится ни по одной формуле.

Выбор плоскости проектирования можно проводить и с помощью демаркационного графика Зайчикова (рис. 25), учитывающего условия обеспечивающие наибольшую точность в случаях применения формул проектирования на горизонтальную плоскость или вертикальную при конкретных соотношениях углов α или β и δ или γ . Если

точки пересечения значений углов α (β) и δ (γ) попадают в область A , то следует применить проектирование на горизонтальную плоскость, а если в область B – на вертикальную.

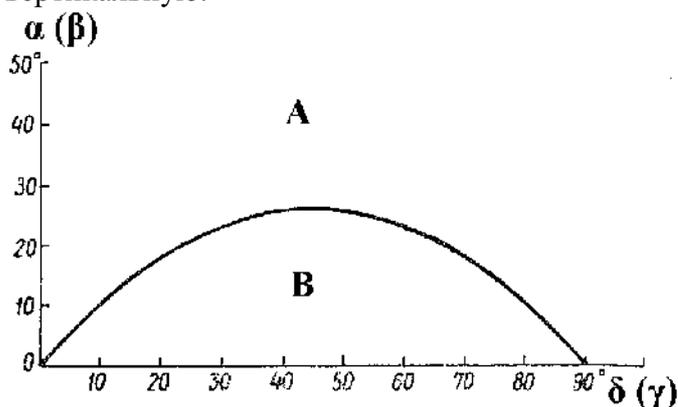


Рис. 25. Демаркационный график Зайчикова.

Каждый из пределов установлен независимо от остальных для наблюдений теодолитами с точностью отсчетов, равной $0,1^\circ$. Включение в обработку одного из углов, выходящих за пределы допуска, повлечет вероятную относительную ошибку в вычислении высоты порядка 5%. Фактически же ошибки множителей, входящих в формулу, могут суммироваться и превосходить величину 5% даже в случаях, когда значения отдельных

углов не достигают пределов.

Для определения суммарной ошибки вычисления высот используются таблицы (приложение 9) относительных ошибок, суммируя их для каждого из углов входящих в формулы.

На практике можно ориентироваться при выборе формул обработки не пользуясь таблицами ошибок. Если только одна величина, входящая в формулу, близка к пределу, а остальные далеки (особенно $\alpha - \beta$), то обработку можно вести на горизонтальную плоскость.

Базисным методом вычисляются высоты не для всех минут, а с постепенно увеличивающимися промежутками между ними, а именно: для 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 14, 20, 30 и так далее через 10 мин (приложение 8). Для всех промежуточных минут высоты получаются интерполированием. Принятие в обработку нестандартных минут возможно лишь в тех случаях, когда высоты для стандартных минут нельзя вычислить вследствие ошибок в отсчетах или пропуска отсчетов при наблюдениях.

Для выбранных минут обработки в соответствующую таблицу бланка (приложение 8) заносятся вертикальные и горизонтальные углы с теодолитов обоих пунктов с введением соответствующих поправок. Производится расчёт проекций вертикальных углов на вертикальную плоскость по формулам 30 и 31. Осуществляется выбор плоскостей для расчёта высот.

Обработка высот на горизонтальную плоскость.

Вычисление высот шара-пилота производится на специальном бланке обработки. Предварительно на бланке проставляют порядковый номер шара-пилота, число, месяц, год и время выпуска шара.

В таблицу бланка, предназначенную для проектирования на горизонтальную плоскость, проставляют в строку 1 те минуты, которые подлежат обработке на горизонтальную плоскость. Далее, из протокола наблюдений первого пункта в строку 2 выписывают отсчеты горизонтальных углов, а в строку 5 – отсчеты вертикальных углов t , отмеченных в строке 1.

Из протокола наблюдений второго пункта в строку 3 выписывают отсчеты горизонтальных углов, а в 6 – отсчеты вертикальных углов для тех же минут.

Все углы выписываются с внесением соответствующих поправок.

В строку 4 записывают абсолютные разности между горизонтальными углами первого и второго пунктов, т.е. из большего угла, независимо от того будет ли это угол α или угол β вычитается меньший.

Затем приступают к вычислению высот шара-пилота над уровнями теодолитов за промежутки времени, отмеченные в строке 1; в строке 7 над уровнем теодолита первого пункта по формуле 27, а в 8 – над уровнем теодолита второго пункта по формуле 28.

Высоту шара приводят к уровню теодолита первого пункта; при этом, если второй пункт выше первого (рис. 26 а) то H_γ будет меньше H_δ и ко всем значениям высот строки 8 нужно прибавить h ; а если второй пункт ниже первого (рис. 26 б) то H_γ будет больше H_δ и от всех значений высот строки 8 нужно отнять h . Полученные высоты записывают в строку 9.

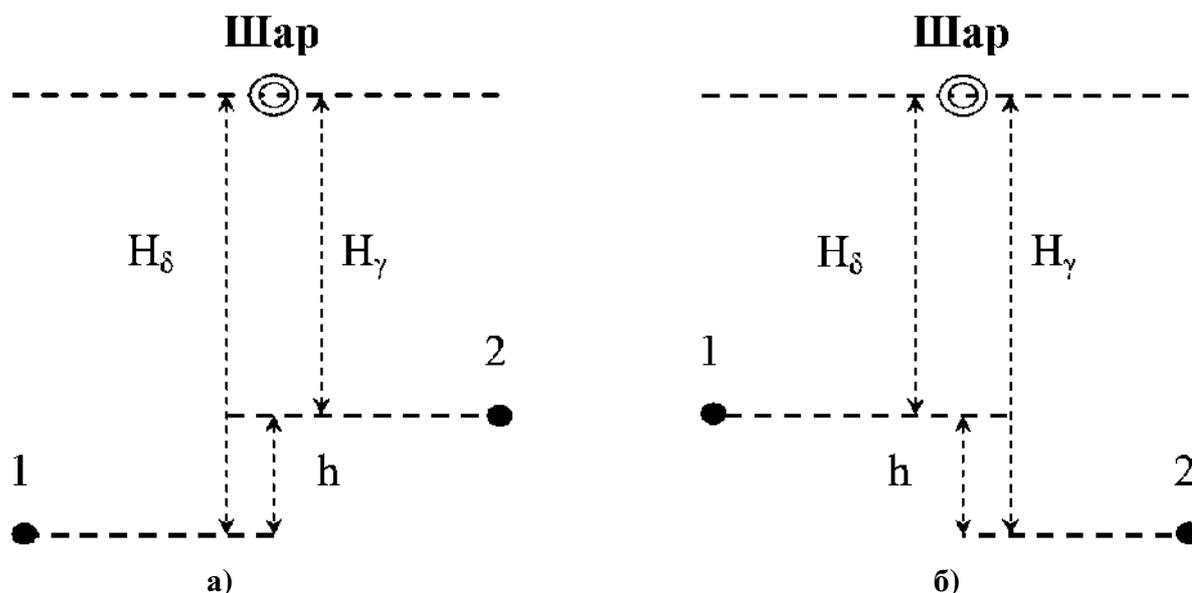


Рис. 26. Высота шара H_δ и H_γ над теодолитами первого и второго пунктов.

1 – уровень первого теодолита, 2 – уровень второго теодолита.

Сложив значения строк 7 и 9 и разделив их пополам, получим H_{cp} ; эта величина записывается в строку 10 и принимается за высоту шара в данную минуту над уровнем теодолита первого пункта.

В строку 11 выписываются вертикальные скорости шара W_b за каждый промежуток времени. Вертикальные скорости вычисляются следующим образом: берется разность соседних высот и делится на промежуток времени между этими высотами.

В 12 строку проставляют отклонения вертикальных скоростей от теоретических, причем всегда от вычисленной вертикальной скорости вычитают теоретической. Если вычисленная вертикальная скорость больше теоретической, то отклонение будет иметь знак плюс, а если меньше, то знак минус.

Обработка высот на вертикальную плоскость.

Минуты, предназначенные к обработке на вертикальную плоскость, выписываются в строку 1 таблицы предназначенной для проектирования на вертикальную плоскость бланка обработки. В строки 2 и 3 заносятся исправленные на инструментальные поправки значения горизонтальных и вертикальных углов, с первого пункта, а в строки 6 и 7 исправленные значения тех же углов со второго пункта, для минут обозначенных в строке 1.

В строки 4 и 7 заносятся значения проекций вертикальных углов, отсчитанных по теодолиту на вертикальную плоскость. Углы δ' и γ' вычисляются непосредственно по формулам:

$$\delta' = \arctg \left| \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \alpha} \right| \quad , \quad (30)$$

$$\gamma' = \arctg \left| \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} \right| \quad . \quad (31)$$

В строке 8 имеем $|\delta' \pm \gamma'|$, сумма $\delta' + \gamma'$ берется только в тех случаях, когда шар находится между пунктами что выявляется по таблице, когда $90^\circ > \alpha$ и $90^\circ < \beta$ или $270^\circ < \alpha \leq 360^\circ$ и $270^\circ > \beta \geq 180^\circ$ (рис. 27). При других отчетах горизонтальных углов в строку 8 вписывают углы, равные абсолютной разности вертикальных углов $|\delta' \pm \gamma'|$, т.е. разности, полученной вычитанием меньшего угла из большего.

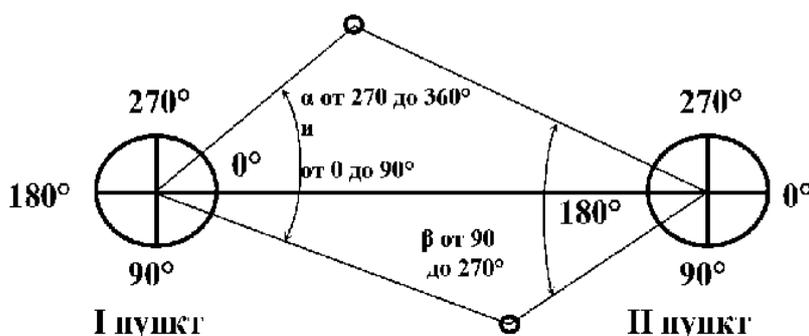


Рис. 27. Значения горизонтальных углов при положении проекции шара между пунктами базы.

В строку 9 записывается $(\gamma' \pm \varepsilon)$. Знак перед ε определяется взаимным положением пунктов, и, в то же время, положением шара-пилота относительно пунктов, как показано на рис. 28-33, представляющих все возможные случаи проекции шара на вертикальную плоскость.

Первое положение – первый пункт выше второго.

СЛУЧАЙ 1. Шар находится между пунктами (рис. 28), тогда в треугольник, полученный проектированием шара на вертикальную плоскость, войдет угол $\gamma' - \varepsilon$.

СЛУЧАЙ 2. Шар находится за первым пунктом (рис. 29). Как видно из рисунка в треугольник входит угол $\gamma' - \varepsilon$.

СЛУЧАЙ 3. Шар находится за вторым пунктом (рис. 30). В треугольник входит угол $(180^\circ - (\gamma' + \varepsilon))$; $\sin(180^\circ - (\gamma' + \varepsilon)) = \sin(\gamma' + \varepsilon)$. В этом случае нужно брать $\gamma' + \varepsilon$.

Второе положение – первый пункт ниже второго.

СЛУЧАЙ 1. Шар находится между пунктами (рис. 31). В треугольник входит $\gamma' + \varepsilon$.

СЛУЧАЙ 2. Шар находится за первым пунктом (рис. 32). При вычислении нужно брать $\gamma' + \varepsilon$.

СЛУЧАЙ 3. Шар находится за вторым пунктом (рис. 33). В треугольник входит угол $(180^\circ + \varepsilon - \gamma')$ или $(180^\circ - (\gamma' - \varepsilon))$; $\sin(180^\circ - (\gamma' - \varepsilon)) = \sin(\gamma' - \varepsilon)$. В этом случае нужно брать $\gamma' - \varepsilon$.

В строку 10 вносятся высоты шара, для данных минут, вычисляемые по формуле 29. Строки 11 и 12 вычисляются так же как и при обработке проектированием на горизонтальную плоскость.

При вычислении высот проектированием и на горизонтальную, и на вертикальную плоскости значения W_b вычисляются между высотами идущими по порядку.

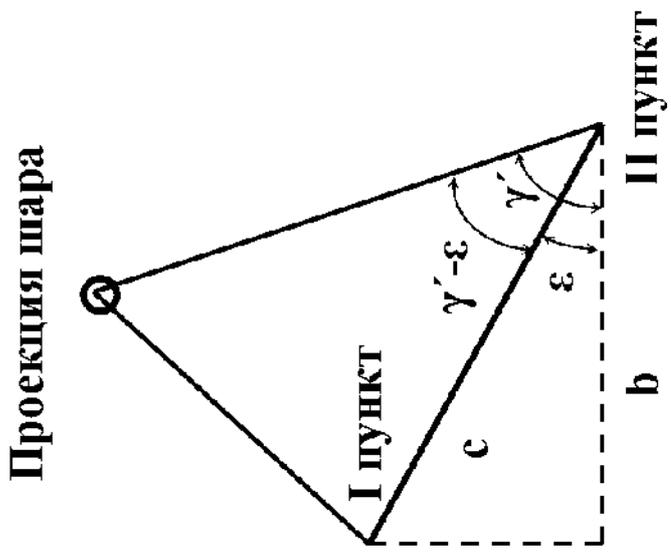


Рис. 28. Значение угла ($\gamma' \mp \epsilon$) при первом положении пунктов. Случай 1.

Горизонтальные углы $\alpha < 90^\circ$ или $\alpha > 270^\circ$ и $90^\circ < \beta < 270^\circ$

$$|\gamma' - \epsilon|$$

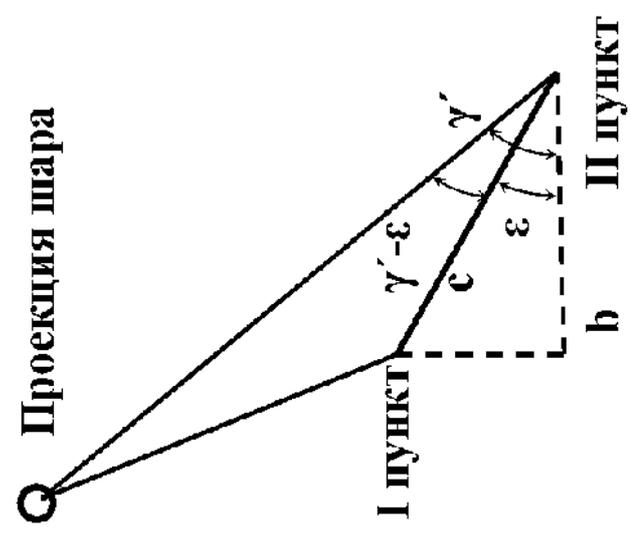


Рис. 29. Значение угла ($\gamma' \mp \epsilon$) при первом положении пунктов. Случай 2.

Горизонтальные углы $90^\circ < \alpha < 270^\circ$ и $90^\circ < \beta < 270^\circ$

$$|\gamma' - \epsilon|$$

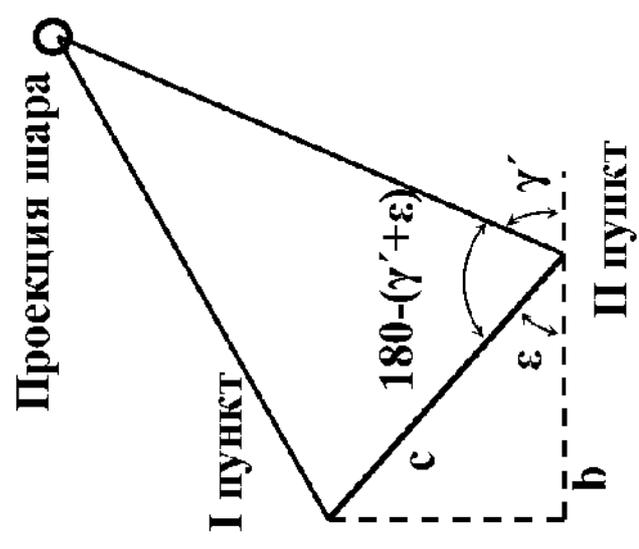


Рис. 30. Значение угла ($\gamma' \mp \epsilon$) при первом положении пунктов. Случай 3.

Горизонтальные углы $\alpha < 90^\circ$ или $\alpha > 270^\circ$ и $\beta < 90^\circ$ или $\beta > 270^\circ$

$$|\gamma' + \epsilon|$$

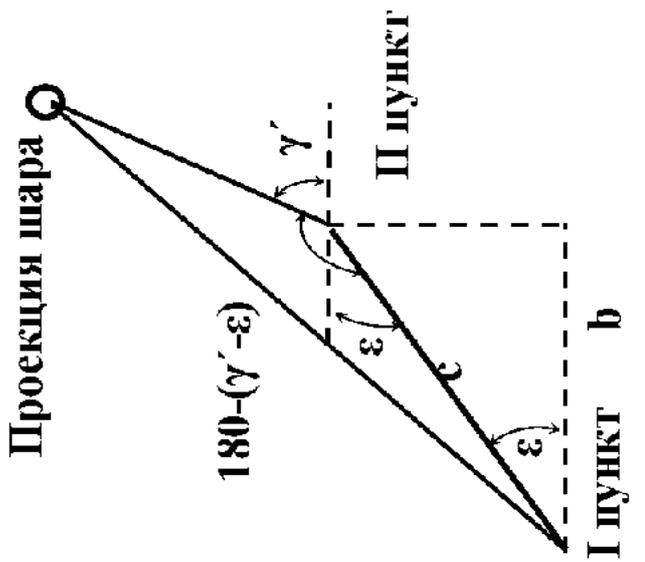


Рис. 33. Значение угла $(\gamma \pm \varepsilon)$ при втором положении пунктов. Случай 3.

Горизонтальные углы $\alpha < 90^\circ$ или $\alpha > 270^\circ$
и $\beta < 90^\circ$ или $\beta > 270^\circ$

$$|\gamma' - \varepsilon|$$

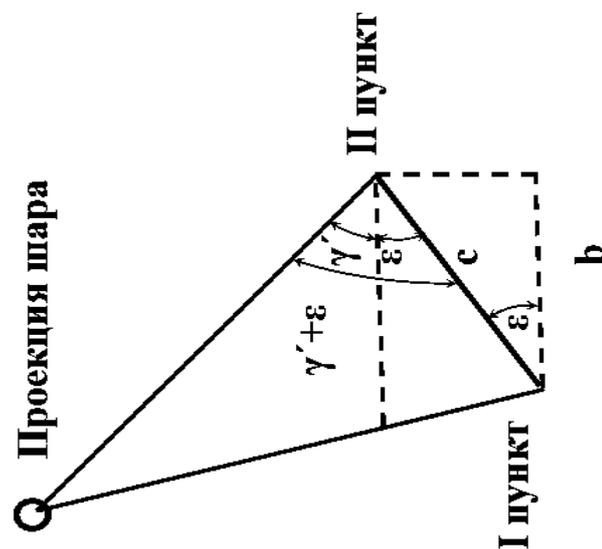


Рис. 32. Значение угла $(\gamma \pm \varepsilon)$ при втором положении пунктов. Случай 2.

Горизонтальные углы $90^\circ < \alpha < 270^\circ$
и $90^\circ < \beta < 270^\circ$

$$|\gamma' + \varepsilon|$$

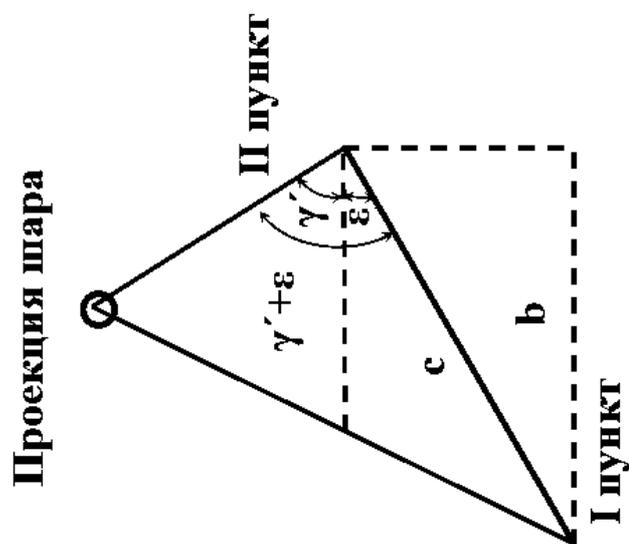


Рис. 31. Значение угла $(\gamma \pm \varepsilon)$ при втором положении пунктов. Случай 1.

Горизонтальные углы $\alpha < 90^\circ$
или $\alpha > 270^\circ$ и $90^\circ < \beta < 270^\circ$

$$|\gamma' + \varepsilon|$$

Анализ результатов вычисления высот.
Выбор вертикальной скорости шара-пилота.

При проектировании на горизонтальную плоскость для каждого обрабатываемого отсчета времени получаются два значения высоты шара-пилота, дающие возможность судить о точности, как наблюдений, так и вычисления высот.

Если установка теодолитов, наблюдения, запись отсчетов и вычисления высот произведены правильно, то высоты H_δ и $H_\gamma \pm h$ в строках 7 и 9 для одних и тех же минут должны совпадать. Расхождения между ними до высоты 600 м допускается до 5%; выше расхождение не должны превышать 2%.

В случае, если расхождение между высотами H_δ и $H_\gamma \pm h$ превышает указанные пределы, следует считать, что либо в наблюдениях, либо в обработке допущены ошибки. В этом случае необходимо проверить, как выписку углов, так и сами вычисления.

Если вычисления оказались правильными, то остается предположить, что ошибка заключается в отсчетах.

Если ошибка оказалась до 5-й минуты, то соответствующий столбец, а, следовательно, и высота просто выбрасываются, а если после 5-й минуты, то этот столбец выбрасывается и производится вычисление высот соседней четной минуты.

Иногда расхождение между H_δ и $H_\gamma \pm h$ объясняется тем, что в результате комбинации углов различных значений, определение H_δ и H_γ производится с неодинаковой точностью. В таких случаях имеет смысл не брать среднюю высоту $\frac{H_\delta + (H_\gamma \pm h)}{2}$, а принять за истинную одну из них, получаемую с меньшей вероятной ошибкой.

Хорошая сходимость высот H_δ и H_γ не всегда еще доказывает правильность наблюдений и вычислений, так как ошибка, допущенная в вычислении угла ($\alpha - \beta$), не влияет на сходимость высот.

Контролем как и в случае проектирования на вертикальную плоскость является ход вертикальных скоростей шара-пилота. Если в ходе вертикальных скоростей шара-пилота. Наблюдаются резкие скачки, то есть основание предполагать либо ошибку в вычислениях, либо ошибку в отсчетах углов.

Предварительно следует проверить выписку углов и все вычисления высот тех минут, которые дают маловероятный ход вертикальных скоростей. Если проверка вычислений покажет, что они произведены правильно, остаётся предположение, что допущена ошибка в отсчётах углов.

В таком случае необходимо вычислить скорость и направление ветра в данном промежутке времени по отсчетам как одного, так и другого пунктов.

Если ход направлений, а главным образом скоростей ветра, будет ровным, без резких скачков, то изменения в ходе вертикальных скоростей соответствуют действительности и ошибки в наблюдениях и вычислениях нет. Если же ветер в данном промежутке времени имеет беспорядочный ход, повторяющий столь же беспорядочный ход вертикальных скоростей шара-пилота, т.е. если для промежутков с большими вертикальными скоростями получаются и большие скорости ветра и наоборот, то следует считать, что допущена ошибка в отсчетах.

В некоторых случаях замечается систематическое большое расхождение высот в одну сторону, начиная с какой-либо минуты. В этом случае возможен на одном из пунктов пропуск отсчетов и смещение их по времени, что бывает, при перерывах в наблюдениях в случаях закрытия шара.

Для проверки необходимо сделать вычисления по формуле приближенного равенства:

$$\sin \alpha \operatorname{ctg} \delta \approx \sin \beta \operatorname{ctg} \gamma, \quad (31)$$

Для синхронных измерений вычисленные произведения примерно равны. Проверку правильности проведения наблюдения и обработки проводят по плавному ходу вертикальных скоростей. Остаётся решить: был ли пропущен отсчёт на первом пункте или имеется смещение отсчётов на втором пункте.

При определении высот, а следовательно и вертикальных скоростей шара-пилота, по базисным наблюдениям, могут встретиться два положения, при которых вести тригонометрические вычисления высот невозможно, а именно:

а) когда наблюдения на одном из пунктов прекращены ранее окончания наблюдений на другом пункте.

б) когда пользование значениями полученных углов приводит к большим погрешностям в вычислении высот.

В таких случаях нужно руководствоваться следующим:

а) базисным методом нужно вычислять высоты включительно до той минуты, до которой это позволяют наблюдения и указанные выше допуски.

б) если базисные вычисления возможны лишь до 300 м и менее, то по последней базисной вертикальной скорости производится обработка до 800 м, а далее до конца наблюдений по теоретической.

в) если базисные вычисления возможны до высот более 300 м, но менее 1500 м, то до высоты 1500 м вычисления вести по последней базисной вертикальной скорости. Начиная с этой высоты вычисления вести по теоретической вертикальной скорости до конца наблюдений.

г) если базисные вычисления возможны до высоты 1500 м и более, то, начиная с этой высоты вычисления вести по теоретической вертикальной скорости до конца наблюдений.

д) если базисные вычисления возможны лишь за 0.5 мин., то вся обработка ведётся по теоретической вертикальной скорости

Вычисление высот средин слоёв.

Из бланка вычисления высот в графу четыре бланка наблюдений первого пункта переносят для соответствующих минут вычисленные высоты, в графу пять – вертикальные скорости, в графу шесть – отклонения вычисленных вертикальных скоростей от теоретической. Затем по вертикальным скоростям промежутке, вычисляются промежуточные высоты их также записывают в графу четыре.

Высоты средин слоев вычисляются для каждого промежутка, до трех минут полета шара-пилота через пол минуты, с третьей минуты до десятую – через минуту, далее до сороковой – через две минуты и дальше до конца наблюдения через четыре минуты, путем сложения начальной и конечной высоты шара-пилота для данного промежутка времени с последующим делением на 2.

Определение скорости и направления ветра.

Нанесение проекций шара-пилота на круг Молчанова (А-30) производится точно так же, как при обработке наблюдений с одного пункта.

Определение скорости и направления ветра в слоях между соседними проекциями шара-пилота производится аналогично обработки наблюдений с одного пункта. Все различие заключается в том, что к полученным по кругу направлениям нужно прибавить азимут базы.

Эту поправку можно вводить и не производя арифметических действий, а учитывать непосредственно на круге Молчанова. Для этого следует отсчеты направлений на круге делать не по концам диаметров с отметками 0, 90, 180 и 270°, а по специальным меткам, отнесенным вправо от этих отметок на число градусов, равное азимуту базы. В этом случае нужно быть особенно внимательным, чтобы не перепутать метки, по которым следует делать отсчеты направлений ветра.

Если наблюдения на первом пункте закончились раньше чем на втором, то с момента окончания наблюдений на первом пункте обработка ветра производится по углам второго пункта. Если в наблюдениях первого пункта имеются перерывы, в то время как на втором пункте их нет, то обработка в этих промежутках производится также по углам второго пункта. Как в первом, так и во втором случаях обработка по углам второго пункта отличается от обработки по углам первого пункта лишь тем, что при нанесении проекций на круг нужно брать высоты шара-пилота над теодолитом второго пункта.

В случае пропуска ряда отсчетов на первом пункте с самого начала наблюдений, обработку необходимо вести по углам второго пункта, руководствуясь следующими правилами:

а) если на первом пункте пропущено менее 7 мин., то вертикальную скорость за пропущенный промежуток нужно взять среднюю базисную, получаемую путем деления первой вычисленной высоты на число минут, прошедших с момента выпуска.

б) если же пропущено 7 мин. и более, то вся обработка ведется по теоретической вертикальной скорости.

в) проекции по углам второго пункта наносятся так же, как и по углам первого пункта, лишь высоту шара нужно брать над теодолитом второго пункта.

г) направления и скорости ветра определяются точно так же, как и по углам первого пункта, при этом, нельзя получить скорость и направление в промежутке между моментом выпуска и первым отсчетом (между центром круга и первой проекцией). Высота середины слоя для этого промежутка записывается в колонки семь и восемь бланка наблюдений, относящиеся же к ней данные в колонках девять и десять прочеркиваются.

В случаях наблюдения за шаром-пилотом выпускаемым за 50 - 200 м от теодолита первого пункта, нанесение проекций на круг Молчанова следует начинать с нанесения на круг места выпуска. Это относится и к наблюдениям с одного пункта при аналогичных условиях.

По результатам обработки вычисляются скорости и направления ветра для стандартных уровней.

Код для передачи данных ветрового зондирования атмосферы КН-03
(FM 32-IX PILOT).

Код для передачи данных ветрового зондирования со стационарной наземной станции подразделяется на четыре части А, В, С, D и шесть разделов. В частях А и С передаются данные на стандартных изобарических поверхностях, в частях В и D – данные на уровнях особых точек в профиле ветра, а также на высотах, установленных решениями Региональных Ассоциаций ВМО. При этом части А и В должны содержать данные до уровня 100 гПа включительно, части С и D – выше этого уровня.

В части А и С входят разделы 1 – 3 и 5 – 6, в части В и D – разделы 1 и 4 – 6.

КОДОВАЯ ФОРМА

Часть А

Раздел 1. PPAА YYGGa₄ IIIii

Раздел 2. $\left. \begin{array}{l} 44nP_1P_1 \\ \text{или} \\ 55nP_1P_1 \end{array} \right\} ddfff \quad ddfff \quad ddfff \quad \text{и т.д.}$

Раздел 3. $\left. \begin{array}{l} 77P_mP_mP_m \\ \text{или} \\ 66P_mP_mP_m \end{array} \right\} d_m d_m f_m f_m f_m \quad (4v_b v_b v_a v_a)$
или
 $\left. \begin{array}{l} 7H_m H_m H_m H_m \\ \text{или} \\ 6H_m H_m H_m H_m \end{array} \right\} d_m d_m f_m f_m f_m \quad (4v_b v_b v_a v_a)$
или
77999

Раздел 5. 51515 52525 59595

Раздел 6. 61616 62626 69696

Часть В

Раздел 1. PPBB YYGGa₄ IIIii

Раздел 4. $\left. \begin{array}{l} 9 \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} t_n u_1 u_2 u_3 \quad ddfff \quad ddfff \quad ddfff \quad \text{и т.д.}$

или

21212 $00P_0 P_0 P_0 \quad d_0 d_0 f_0 f_0 f_0$
 $n_1 n_1 P_1 P_1 P_1 \quad d_1 d_1 f_1 f_1 f_1$

 $n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n$

Раздел 5. Как в части А.

Раздел 6. Как в части А.

Часть С

Раздел 1. $PPCC \quad YYGGa_4 \quad IIIi$

Раздел 2. Как в части А.

Раздел 3. Как в части А.

Раздел 5. Как в части А.

Раздел 6. Как в части А.

Часть D

Раздел 1. $PPDD \quad YYGGa_4 \quad IIIi$

Раздел 4. $\left. \begin{array}{l} 9 \text{ (или 1)} \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} t_n u_1 u_2 u_3 \quad ddfff \quad ddfff \quad ddfff \quad \text{и т.д.}$

или

21212 $n_1 n_1 P_1 P_1 P_1 \quad d_1 d_1 f_1 f_1 f_1$

 $n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n$

Раздел 5. Как в части А.

Раздел 6. Как в части А.

Части А и С.

Раздел 1. Сведения о месте времени наблюдений.

$$\left. \begin{array}{l} PPAА \\ \text{или} \\ PПСС \end{array} \right\} YYGGa_4 \quad IIIi$$

Группа PPAА или PПСС – буквенный указатель кодовой формы и её части.

PP – признак телеграммы данных ветрового зондирования со стационарной наземной станции. AA или CC – опознавательные буквы частей А и С соответственно.

Группа YYGGa₄ – дата (YY) и время выпуска (GG) по международному согласованному времени округлённому до целых часов. Кроме того YY, содержит также информацию о единицах, в которых далее в сводке сообщается скорость ветра. Если скорость ветра передаётся в м/с то дата YY указывается без изменения. Если скорость передаётся в узлах то к дате прибавляется 50 и полученное значение указывается на месте YY. Таким образом, если выпуск был произведён в 2 ч 30 мин 1 февраля по московскому времени по международному согласованному времени это будет 23 ч 30 мин 31 января, то на месте YYGG указывается 0100 если ветер измерялся в м/с и 5100 если ветер измерялся в узлах.

a₄ – тип используемого измерительного оборудования, для оптического теодолита равно 1 а для радиолокатора – 3.

Группа IIIi – индекс стационарной наземной аэрологической станции. II – номер района, iii – номер станции в пределах района. Например, аэрологическая станция “Воейково” находится в 26 районе и имеет номер станции 63, поэтому эта группа будет иметь вид 26063.

Раздел 2. Данные наблюдений на стандартных изобарических поверхностях.

$$\left. \begin{array}{l} 44nP_1P_1 \\ \text{или} \\ 55nP_1P_1 \end{array} \right\} ddfff \quad ddfff \quad ddfff \quad \text{и т.д.}$$

В разделе 2 сообщаются направление и скорость ветра на уровнях стандартных изобарических поверхностей в порядке возрастания высоты:

в части А – на уровнях 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 и 100 гПа;

в части С – на уровнях 70, 50, 30, 20 и 10 гПа.

Если давление не измеряется, то данные о ветре должны сообщаться с высот, приблизительно соответствующих уровням стандартных изобарических поверхностей в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7.

Приближённые высоты стандартных изобарических поверхностей

Часть А			Часть С		
Стандартная изобарическая поверхность, гПа	Кодовые цифры P ₁ P ₁	Приблизительная высота над уровнем моря, м	Стандартная изобарическая поверхность, гПа	Кодовые цифры P ₁ P ₁	Приблизительная высота над уровнем моря, м
850	85	1500	70	70	18500
700	70	3000	50	50	20500
500	50	5500	30	30	23500
400	40	7000	20	20	26500
300	30	9000	10	10	31000
250	25	10500			
200	20	12000			
150	15	13500			
100	10	16000			

Группа 44nP₁P₁ или 55nP₁P₁.

44 или **55** – отличительные цифры раздела.

Если стандартные изобарические поверхности определены путём измерения или расчёта давления, должны использоваться отличительные цифры 44. Если давление не определялось, должны использоваться отличительные цифры 55.

n – количество уровней, для которых сообщаются данные о ветре, то есть количество групп dffff следующих после 44nP₁P₁ или 55nP₁P₁. Может принимать значения от 1 до 3.

P₁P₁ – давление на стандартной изобарической поверхности, начиная с которой далее в группах dffff передаются данные о ветре. Давление кодируется до 100 гПа включительно в сотнях и десятках гПа, начиная с 70 гПа – в десятках и единицах гПа.

За группой 44nP₁P₁ или 55nP₁P₁ должно следовать не более трёх групп dffff, затем аналогичные комбинации повторяются в сводке столько раз сколько необходимо для передачи информации на всех пройденных шаром стандартных изобарических поверхностей.

Группа dffff – направление и скорость ветра на стандартных изобарических поверхностях. Направление и скорость ветра измеряю с точностью до целых значений.

dd – направление ветра (откуда дует), округлённое до ближайших 5 или 10°.

Правила округления:

- если единицы градусов направления равны 0, 1 или 2 то округление производится до 0;

- если единицы градусов направления равны 3, 4, 5, 6, или 7 то округление производится до 5;

- если единицы градусов направления равны 8 или 9 то округление производится до 10.

Округлённое значение направления ветра сообщается в группе dffff следующим образом: на месте dd указываются цифры сотен и десятков, а цифра единиц прибавляется к цифре сотен скорости ветра fff. Если сотни или десятки градусов направления ветра отсутствуют, то на их месте ставятся нули.

При северном направлении ветра (0°) значения dd кодируется цифрами 36. При штиле на месте dd ставится 00, при ветре переменного направления – 99, если данные о направлении ветра отсутствуют – //.

fff – скорость ветра в м/с или узлах (единицы измерения скорости указываются при кодировании YY). При скорости ветра менее 100 единиц на месте первого f ставится 0,

при скоростях ветра менее 10 единиц цифры 0 ставят на месте первого и второго f. К цифре сотен (первое f) может прибавляться число 5, как указано при описании кодирования dd, для передачи информации о значениях единиц градусов у направления ветра. При штиле скорость ветра кодируется 000, при отсутствии данных о скорости ветра на месте fff ставится ///.

Правила кодирования скорости и направления ветра распространяются на все аналогичные группы кода.

В разделе 2 частей А и С должны быть представлены в порядке возрастания высоты все указанные в таблице уровни стандартных изобарических поверхностей в пределах достигнутой высоты зондирования ветра. Если на каких-то промежуточных уровнях имелся пропуск данных группа dffff для этих уровней включатся в сводку в виде ////. Если начиная с какого-либо уровня не получены данные о ветре и для всех вышележащих уровней, группы ветра для них в сводку не включаются.

Раздел 3. Сведения о максимальном ветре и вертикальных сдвигах ветра (в части А – до уровня 100 гПа включительно, в части С – выше этого уровня).

$$\left. \begin{array}{l} 77P_m P_m P_m \\ \text{или} \\ 66P_m P_m P_m \end{array} \right\} d_m d_m f_m f_m f_m \quad (4v_b v_b v_a v_a)$$

или

$$\left. \begin{array}{l} 7H_m H_m H_m H_m \\ \text{или} \\ 6H_m H_m H_m H_m \end{array} \right\} d_m d_m f_m f_m f_m \quad (4v_b v_b v_a v_a)$$

или

77999

Уровень максимального ветра определяется как уровень, расположенный выше изобарической поверхности 500 гПа, на котором скорость ветра, превышающая 30 м/с, больше на 10 м/с скоростей наблюдаемых на уровнях лежащих на 2 км выше или ниже.

Если в результате зондирования было установлено несколько уровней максимального ветра, данные о них должны быть переданы в сводке путём повторения раздела 3 не более 3 раз в каждой из частей А и С, в соответствии со следующими правилами:

- первым должен быть передан уровень с наибольшей максимальной скоростью;
- остальные уровни максимального ветра должны быть переданы в порядке уменьшения скорости ветра, а при одинаковой скорости – последовательно по высоте расположения, начиная с самого нижнего уровня.

Группа 77P_mP_mP_m, 66P_mP_mP_m, 7H_mH_mH_mH_m или 6H_mH_mH_mH_m.

$$\left. \begin{array}{l} 77 \text{ или } 66 \\ \text{или} \\ 7 \text{ или } 6 \end{array} \right\} \text{ – отличительные цифры раздела.}$$

Отличительные цифры 77 или 66 указывают, что далее сообщается давление на уровне максимального ветра. Отличительные цифры 7 или 6 указывают, что далее сообщается высота уровня максимального ветра. При этом цифры 66 или 6 должны использоваться для сообщения о максимальном ветре, зафиксированном в верхней точке зондирования, в остальных случаях должны использоваться цифры 77 или 7.

$P_m P_m P_m$ – давление на уровне максимальной скорости ветра. В части А сообщается в целых гПа, в части С – с десятыми долями гПа (если давление меньше 10,0 гПа, то на месте первого P_m ставится 0).

$H_m H_m H_m H_m$ – высота уровня максимальной скорости ветра в десятках геопотенциальных метров. Если уровень ниже 10000 м, на месте первого H_m ставится 0.

Группа $d_m d_m f_m f_m f_m$ – направление ($d_m d_m$) и скорость ($f_m f_m f_m$) максимального ветра, кодируется по тем же правилам что и $ddfff$.

Группа ($4v_b v_b v_a v_a$) – сведения о вертикальных сдвигах ветра в слоях, расположенных между уровнем максимума ветра и уровнями на 1 км ниже и выше него.

4 – отличительная цифра.

$v_b v_b$ – абсолютное значение векторной разности ветра на уровне на 1 км ниже уровня максимума.

$v_a v_a$ – абсолютное значение векторной разности ветра на уровне на 1 км выше уровня максимума.

Единицы измерения (м/с или узлы), используемые для $v_b v_b$ и $v_a v_a$, указываются при кодировании YY. При абсолютной векторной разности скорости ветра, меньше 10 единиц, на месте десятков (первые v_b или v_a) записывается 0.

В части А группа $4v_b v_b v_a v_a$ должна включаться не более двух раз. Первый раз – с данными вертикальных сдвигов ветра от уровня с наибольшей максимальной скоростью ветра, и второй раз – от уровня максимума со второй по величине скоростью ветра. Если на двух соседних уровнях наблюдались одинаковые значения скорости ветра, удовлетворяющие условию максимума, то в первой группе передаются данные о сдвигах ветра относящихся к нижнему уровню, а во второй группе – к верхнему.

В часть С группа $4v_b v_b v_a v_a$ должна включаться один раз – с данными вертикальных сдвигов ветра от уровня с наибольшей максимальной скоростью ветра.

Вертикальный сдвиг ветра от верхней точки подъёма не определяется даже в том случае, если в этой точке подъёма наблюдается наибольшая скорость максимального ветра. В данном случае вертикальные сдвиги ветра определяются от уровней со вторым и третьим по величине значениями скорости максимального ветра. Для каждого выбранного максимума вычисляются два значения вертикального сдвига скорости ветра $v_b v_b$ и $v_a v_a$.

Если направление ветра на уровне максимума и уровнях, отстоящих на 1 км ниже и выше, отличаются менее чем на 20° , сдвиг скорости ветра в этом слое равен абсолютному значению разности скоростей на границах слоя. При разности направлений более 20° вертикальный сдвиг скорости ветра определяют с учётом изменения направления:

$$\Delta v_1 = \sqrt{v_{\max}^2 + v_1^2 - 2 v_{\max} v_1 \cos(d_{\max} - d_1)} \quad , \quad (32)$$

где v_{\max} и d_{\max} – соответственно скорость и направление ветра на высоте максимума скорости ветра, v_1 и d_1 – соответственно скорость и направление ветра на уровне который на 1 км ниже (или выше) высоты максимума скорости.

Группа **77999** включается в сводку вместо раздела 3, если в ходе зондирования уровни максимального ветра не были зафиксированы.

Раздел **5**. Региональные данные. Кодовые группы, которые должны быть разработаны на региональном уровне.

Для него определены лишь отличительные группы: **51515**, **52525**,, **59595**. После каждой из этих групп могут быть включены любые данные о ветре решением Региональных Ассоциаций ВМО. В частях А и С указатель **55555** не следует использовать в этом разделе.

Со станций Росгидромета этот раздел не передаётся.

Раздел 6. Национальные данные. Кодовые группы, которые должны быть разработаны на национальном уровне.

Для него определены лишь отличительные группы: **61616**, **62626**,, **69696**. После каждой из этих групп могут быть включены любые данные о ветре по решению каждой страны. В частях А и С указатель **66666** не следует использовать в этом разделе.

Со станций Росгидромета этот раздел не передаётся.

Части В и D.

Раздел 1. Сведения о месте времени наблюдений.

$$\left. \begin{array}{l} PPBB \\ \text{или} \\ PPDD \end{array} \right\} YYGGa_4 \quad IIIii$$

Группа PPBB или PPDD – буквенный указатель кодовой формы и её части.

PP – признак телеграммы данных ветрового зондирования со стационарной наземной станции. BB или DD – опознавательные буквы частей В и D соответственно.

Правила кодирования остальных групп этого раздела те же что и для раздела 1 частей А и С.

Раздел 4. Данные на уровнях особых точек в профиле ветра и на уровнях, установленных региональными решениями.

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ (или 1)} \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} t_n u_1 u_2 u_3 \quad d d f f f \quad d d f f f \quad d d f f f \quad \text{и т.д.}$$

или

$$\begin{array}{l} 21212 \quad 00P_0P_0P_0 \quad d_0d_0f_0f_0f_0 \\ \quad \quad n_1n_1P_1P_1P_1 \quad d_1d_1f_1f_1f_1 \\ \quad \quad \dots \quad \dots \\ \quad \quad n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n \end{array}$$

Включённые в раздел 4 данные уровней особых точек должны обеспечить восстановление профиля ветра по направлению с точностью 10°, по скорости с точностью до 5 м/с. Число особых точек следует строго сводить к необходимому минимуму.

Для удовлетворения этих критериев рекомендуется использовать следующий метод приближений:

1) Начальная (у земной поверхности) и конечная (самая высокая, достигнутая при зондировании) точки являются первой и последней особыми точками. Затем рассматривается отклонение фактических величин от линейно интерполированных между этими точками. Если нет отклонения в направлении более чем на 10°, а в скорости — более 5 м/с, то вообще нет необходимости сообщать особые точки. Если один параметр отклоняется больше нормы, то уровень наибольшего отклонения становится дополнительной особой точкой по обоим параметрам.

2) Введенные таким образом дополнительные особые точки делят зондирование на 2 слоя. Затем отдельно в каждом слое между основанием и верхней точкой

рассматриваются отклонения направления и скорости ветра от линейно интерполированных величин. Процесс, используемый выше, повторяется и дает другие точки. Эти дополнительные точки в изгибах видоизменяют распределение отклонений в слое; метод повторяется до тех пор, пока отклонения на любом уровне не приблизятся к указанным выше значениям величин.

Согласно «Наставление по кодам. Том 1. Международные коды», обязательными уровнями для включения в раздел 4 являются уровень станции и уровень верхней точки зондирования ветра.

Данные на уровнях особых точек и на установленных региональными требованиями высотах могут быть переданы двумя способами:

а) в случае отсутствия данных о давлении с помощью групп

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ (или 1)} \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} t_n u_1 u_2 u_3 \quad ddfff \quad ddfff \quad ddfff \\ \dots \dots \dots \\ n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n \end{array}$$

б) при наличии данных о давлении с помощью групп

$$\begin{array}{l} 21212 \quad n_1 n_1 P_1 P_1 P_1 \quad d_1 d_1 f_1 f_1 f_1 \\ \dots \dots \dots \\ n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n \end{array}$$

а) При отсутствии данных о давлении в телеграмму включаются данные на уровнях особых точек и на высотах установленных региональными решениями, которые располагаются в порядке возрастания высоты, с помощью групп:

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ (или 1)} \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} t_n u_1 u_2 u_3 \quad ddfff \quad ddfff \quad ddfff \\ \dots \dots \dots \\ n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n \end{array}$$

Уровни, установленные региональными решениями, опубликованы в «Наставление по кодам. Том 2. Региональные коды и национальные практики кодирования». В Европейской и Азиатской Региональных Ассоциациях ВМО, а также в Антарктике, то есть на территориях где находятся аэрологические станции Росгидромета, установлены следующие уровни, кратные 300 и 500 м приведённые в таблице 8.

В соответствии с действующей практикой в Росгидромете станции передают ветер на следующих стандартных высотах:

в части В – 300, 600, 900 м над поверхностью земли, и далее 1000, 2000, 4000 м над уровнем моря;

в части D – 22, 28, 30, 34, 36, 38 км над уровнем моря.

Если особая точка отмечалась в пределах 150 метров от одного из установленных уровней и при этом используется отличительная цифра 9 или в пределах 250 метров при отличительной цифре 8, то данные для особой точки сообщаются в группе для установленного уровня. Данные, полученные на установленном уровне, не сообщаются.

Таблица 8.

Высоты подлежащие кодированию для станций Росгидромета

Уровни, кратные 300 гп. м			Уровни, кратные 500 гп. м		
Антарктида	Азия	Европа	Антарктида	Азия	Европа
300	300		500	**	
600	600		1000		1000
900	900	900	2000		2000
1500			2500		
1800			3500		
2100	2100	2100	4000		4000
2400			4500		
3000			5500		
3600	3600		6000		
4200	4500	4200	7000		
4800			7500		
6000	6000		9000		
7500			12000		
9000			*		
12000					
*					

* – а также самый высокий уровень, достигнутый зондом, если он находится ниже 100 гПа
 ** – уровни не установлены

Группа $9t_n u_1 u_2 u_3$, $1t_n u_1 u_2 u_3$ или $8t_n u_1 u_2 u_3$.

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ (или 1)} \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} \text{ – отличительные цифры.}$$

Если передаются данные на высотах, кратных 300, то до высоты 29700 м включительно используется отличительная цифра 9. Выше этого уровня должна использоваться отличительная цифра 1, чтобы показать, что к высотам, сообщённым в $t_n u_1 u_2 u_3$ следует добавить 30000 м.

Если передаются данные на высотах, кратных 500, используется отличительная цифра 8.

$t_n u_1 u_2 u_3$ – высота уровней, для которых сообщается ветер в трёх следующих далее группах $ddfff$, выражаемая как результат от деления высот уровней в геопотенциальных метрах на 300 или 500 в зависимости от используемой отличительной цифры. $t_n u_1$ – высота уровня для первой группы $ddfff$, $t_n u_2$ – для второй, $t_n u_3$ – для третьей. На месте t_n сообщается число десятков полученных в результате деления (оно должно быть одинаковым для тех уровней данные с которых передаются после этой группы), на месте u_1 , u_2 , u_3 – число единиц.

Если сообщаются данные о ветре на уровне станции, u_1 в первой группе кодируется дробной чертой (/). Для кодирования ветра на уровне станции указанного в румбах используется таблица 9.

$ddfff$ – направление и скорость ветра на передаваемых уровнях. После каждой группы высот уровней передаются до трёх групп $ddfff$, относящихся соответственно к первому ($t_n u_1$), второму ($t_n u_2$) и третьему ($t_n u_3$) уровням. Если нужно передать менее трёх уровней то на месте соответствующих u ставится /, а за группой $t_n u_1 u_2 u_3$ передаются необходимое число групп $ddfff$.

Различные уровни раздела 4 следует включать таким образом, чтобы они следовали один за другим в порядке возрастания их высоты.

Если высота в частях В и D дается в единицах геопотенциала, то слой, по которому пропущены данные, следует указывать путем сообщения граничных уровней слоя с их данными о ветре и уровня со значением высоты между граничными высотами и группой *ddfff* закодированной как *////* для указания уровня пропущенных данных, при условии, что этот слой имеет толщину не менее 1500 гп. м. Граничные уровни — это уровни, ближайшие к нижней и верхней части слоя, по которому имеются данные наблюдений. Нет необходимости в том, чтобы граничные слои удовлетворяли критериям особой точки.

б) Если в процессе зондирования было определено давление на уровнях особых точек по ветру, то в телеграмме необходимо передать данные ветра на уровнях установленных региональными решениями и данные на уровнях особых точек.

Для станций Росгидромета обязательными для передачи данных о ветре являются следующие уровни:

в части В – 300, 600, 900 м над поверхностью земли, и далее 1000, 2000, 4000 м над уровнем моря;

в части D – 22, 28, 30, 34, 36, 38 км над уровнем моря.

Информация на них передаётся с помощью групп:

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ (или 1)} \\ \text{или} \\ 8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} t_n u_1 u_2 u_3 \quad d d f f f \quad d d f f f \quad d d f f f \\ \dots \dots \dots \end{array}$$

Правила их кодирования указаны выше.

Далее следуют данные о ветре на уровнях особых точек закодированные с помощью групп:

$$\begin{array}{ll} 21212 & 00P_0P_0P_0 \quad d_0d_0f_0f_0f_0 \\ & n_1n_1P_1P_1P_1 \quad d_1d_1f_1f_1f_1 \\ & \dots \dots \dots \\ & n_n n_n P_n P_n P_n \quad d_n d_n f_n f_n f_n \end{array}$$

Группа 21212 – отличительная группа раздела.

Группы 00P₀P₀P₀ d₀d₀f₀f₀f₀ – данные на уровне станции в момент выпуска, включают только в часть В.

00 – отличительные цифры данных на уровне станции.

P₀P₀P₀ – давление на уровне станции кодируется в целых гПа. Округление давления до целых гПа производится следующим образом: 0,5 гПа округляется до чётного числа целых единиц гПа, более 0,5 гПа – до большего значения целых единиц, менее 0,5 гПа – до меньшего значения. Если давление равно или более 1000 гПа, то при кодировании P₀P₀P₀ число тысяч отбрасывается.

d₀d₀f₀f₀f₀ – направление и скорость ветра у поверхности земли в момент выпуска.

При определении направления ветра по флюгеру d₀d₀ кодируется следующим образом (таблица 9).

Таблица 9.

Кодирование направления ветра указанного в румбах

Цифры кода d_0d_0	Направление ветра (откуда дует)		Цифры кода d_0d_0	Направление ветра (откуда дует)	
	румбы	градусы		румбы	градусы
36	С	0 (360)	20	Ю-ЮЗ	202
02	С-СВ	22	22	ЮЗ	225 *
04	СВ	45 *	25	З-ЮЗ	248
07	В-СВ	68	27	З	270
09	В	90	29	З-СЗ	292
11	В-ЮВ	112	31	СЗ	315 *
13	ЮВ	135 *	34	С-СЗ	338
16	Ю-ЮВ	158	00	Штиль	-
18	Ю	180	99	Переменное направление	

* – при этом направлении ветра к первой из цифр $f_0f_0f_0$, обозначающей сотни скорости ветра, прибавляется число 5.

Данные на уровнях особых точек в профиле ветра.

$$\begin{array}{cc}
 n_1 n_1 P_1 P_1 P_1 & d_1 d_1 f_1 f_1 f_1 \\
 \dots & \dots \\
 n_n n_n P_n P_n P_n & d_n d_n f_n f_n f_n
 \end{array}$$

$n_1 n_1, \dots, n_n n_n$ – порядковые номера уровней особых точек, нумеруются последовательно от нижнего уровня к верхнему в каждой из частей В и D: 11, 22, ..., 99, 11 и так далее. Уровни передаются в порядке уменьшения давления.

$P_1 P_1 P_1, \dots, P_n P_n P_n$ – давление на уровнях особых точек в профиле ветра; в части В сообщается в целых гПа (число тысяч отбрасывается), в части D – с десятичными долями гПа (при давлении меньше 10,0 гПа, на месте первого P_n ставится 0).

$d_1 d_1 f_1 f_1 f_1, \dots, d_n d_n f_n f_n f_n$ – скорость и направление ветра на уровнях особых точек.

В соответствии с национальной практикой Росгидромета в раздел должны обязательно включаться также данные на границах пропусков в наблюдениях при толщине слоя, в котором данные о ветре отсутствовали, более 20 гПа путём включения в сводку трёх пар групп $n_n n_n P_n P_n P_n d_n d_n f_n f_n f_n$, две пары с данными на нижней и верхней границах этого слоя (хотя они и не являются уровнями особых точек), а между ними две группы с соответствующим $n_n n_n$ и дробными чертами вместо остальных символов.

Литература.

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 4. Аэрологические наблюдения на станциях. Часть I. Шаропилотные наблюдения с одного пункта. – Ленинград. Гидрометеоиздат. 1980. – 102 с.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 4. Аэрологические наблюдения на станциях. Часть II. Шаропилотные наблюдения (базисные). – Ленинград. Гидрометеоиздат. 1945. – 94 с.
3. Теодолит аэрологический 2АШТ. Паспорт 2АШТ-с60 ПС.
4. Сборник аэрологических кодов. – Санкт-Петербург. Гидрометеоиздат. 1994. – 80 с.
5. Наставление по кодам. Международные коды. Том I.1. Дополнение II к Техническому регламенту ВМО. Часть А – Буквенно-цифровые коды. Издание 2011 г. Обновлено в 2015 г. – ВМО-№ 306. – 532 с.
6. Наставление по кодам. Региональные коды и национальная практика кодирования. Том II. Издание 2011 г. Обновлено в 2015 г. – ВМО-№ 306. – 366 с.
7. Осипов Ю.Г., Саенко А.Г. Руководство к лабораторным работам «Система зондирования «Радиопеленгационный метеорологический комплекс (РПМК-1) – МРЗ-3а»». – СПб., изд. РГГМУ, 2012 г. – 52 с.
8. Калиновский А.Б., Пинус Н.З. Аэрология. Часть I. Методы аэрологических измерений. – Ленинград. Гидрометеорологическое издательство. 1961 г. – 520 с.

Книжка аэрологическая КАЭ-1.

Шар-пилот № _____

Дата _____ (число, месяц, год) Время _____ час. _____ мин. _____ час. _____ мин. (мест. ср. солнечное) (москов. декрет)

Оболочка № _____ Вес оболочки _____ гр. Вес фонарика _____ гр.

Свободн. подъёмн. сила _____ гр. Длина окружн. _____ см. Попр. множитель _____

Вертикальная скорость _____ м/мин. Испр. на плотность _____ м/мин.

Давление _____ гПа. Температура: по сухому _____ по смочен. _____

Влажность относит. _____ %

	Облачность кол-во общ. ниж. и форма	Ветер (по флюгеру) направл. и скорость
До подъёма		
После подъёма		

Термический ветер		
слой	d	V
1,0–5,5		
5,5–9,0		
1,0–9,0		

Причина прекращения наблюдений _____

Шар скрылся в _____ направлении

Форма и высота облаков, в которое вошёл шар
(по моменту «туманится»)

над поверхностью земли _____

над уровнем моря _____

Ветер на высотах стандарт., изобарич. поверх., наибольшей и макс. скорости								
км	направл.	скор.	км	направл.	скор.	км	направл.	скор.
Над поверх. земли			4,0			14,0		
0,1			5,0			16,0		
0,2			5,5			18,0		
0,3			6,0					
0,5			7,0					
0,6			8,0					
0,9			9,0					
Над уровнем моря			10,0					
0,5			10,5					
1,0			11,0					
1,5			12,0					
2,0			13,0					
3,0			13,5					

Наблюдал и обработал _____ (фамилия)

Проверил _____ (фамилия, дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (продолжение)

Минуты	Угол		Высота шара над поверх. земли	Высота середины слоя		Ветер	
	горизонтальный	вертикальный		над поверхн. земли	над уровнем моря	направление	скорость
	отсчёты						
0,5							
1,0							
1,5							
2,0							
2,5							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Поправочный множитель $\sqrt{\rho_0/\rho}$ для расчёта грузоподъёмности шара-пилота при наполнении его до стандартной вертикальной скорости по массе оболочки (по приложению 3) и для исправления нестандартной вертикальной скорости, полученной по грузоподъёмности и массе оболочки (по приложению 4)

Температура, °С	Давление, гПа										
	1067	1040	1013	987	960	933	907	880	853	827	800
	мм рт. ст.										
	800	780	760	740	720	700	680	660	640	620	600
-50	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99
-40	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
-30	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
-20	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02
-10	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02
0	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03
10	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03
20	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04
30	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
40	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05
50	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06

ПРИЛОЖЕНИЕ 3а

Таблица для определения значения грузоподъёмности шара в граммах, до которого следует наполнять оболочку № 20, чтобы получить стандартную вертикальную скорость $W=200$ м/мин в зависимости от массы оболочки q в граммах и поправочного множителя

$$\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$$

Для шаров без фонарика $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$	Масса оболочки, г						Для шаров с фонариком $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$
	30	32	34	36	38	40	
1,06	168	169	170	171	172	173	
1,05	171	172	173	174	175	176	
1,04	174	175	176	177	178	179	
1,03	176	177	178	180	181	182	
1,02	179	180	181	182	183	184	
1,01	181	182	183	185	186	187	
1,00	184	185	186	187	188	189	1,06
0,99	186	187	188	190	191	192	1,05
0,98	189	190	191	192	193	194	1,04
0,97	191	192	193	194	195	196	1,03
0,96	194	195	196	197	198	199	1,02
0,95	196	197	198	199	200	202	1,01
	199	200	201	202	203	204	1,00
	201	203	204	204	206	207	0,99
	204	205	206	207	208	209	0,98
	206	207	208	209	210	212	0,97
	209	210	211	212	213	214	0,96
	211	212	213	214	216	217	0,95

ПРИМЕЧАНИЕ.

Для получения стандартной вертикальной скорости шара-пилота с фонариком следует пользоваться значениями $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$ в правой графе, а значения грузоподъёмности, найденные из таблицы, увеличить на массу фонарика.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3б

Таблица для определения значения грузоподъёмности шара в граммах, до которого следует наполнять оболочку № 30, чтобы получить стандартную вертикальную скорость $W=200$ м/мин в зависимости от массы оболочки q в граммах и поправочного множителя

$$\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$$

Для шаров без фонарика $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$	Масса оболочки, г					Для шаров с фонариком $\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$
	70	75	80	85	90	
1,06	183	184	186	187	189	
1,05	185	187	188	190	191	
1,04	188	189	191	192	194	
1,03	190	192	193	195	197	
1,02	193	195	196	198	199	
1,01	195	197	198	200	202	
1,00	197	199	201	203	205	1,06
0,99	200	201	203	205	207	1,05
0,98	202	204	206	208	210	1,04
0,97	205	207	209	212	214	1,03
0,96	209	211	213	215	218	1,02
0,95	212	214	217	219	222	1,01
0,94	216	218	221	224	227	1,00
	220	223	227	231	236	0,99
	226	229	234	239	245	0,98
	233	238	244	249	254	0,97
	243	249	254	259	263	0,96

ПРИЛОЖЕНИЕ 3в

Таблица для определения значения грузоподъёмности шара в граммах, до которого следует наполнять оболочку № 30, чтобы получить стандартную вертикальную скорость $W=240$ м/мин в зависимости от массы оболочки q в граммах и поправочного множителя

$$\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$$

$\sqrt[3]{\rho_0/\rho}$	Масса оболочки, г				
	70	75	80	85	90
1,06	270	275	281	286	291
1,05	281	286	292	297	303
1,04	293	298	304	310	315
1,03	305	311	317	322	328
1,02	319	324	330	336	342
1,01	333	339	345	351	356
1,00	348	354	360	366	372
0,99	364	370	376	382	388
0,98	381	388	394	400	406
0,97	400	406	413	419	425
0,96	420	426	432	439	445
0,95	441	447	454	460	467
0,94	463	470	476	483	489

Таблица вертикальных скоростей шаров-пилотов по данным грузоподъёмности A и массы оболочки q для оболочки № 10.

A	Масса оболочки, г										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	95	92	90	88	86	83	82	80	79	77	76
12	101	99	97	94	92	90	88	86	85	83	81
14	106	104	102	99	97	95	93	92	90	88	87
16	111	108	106	104	101	99	98	96	94	93	91
18	114	112	110	108	105	103	102	100	99	97	96
20	118	116	114	111	109	107	106	104	102	101	99
22	121	119	117	115	112	110	109	107	106	104	103
24	124	122	120	118	116	114	112	111	109	108	106
26	126	124	123	121	119	117	115	114	112	111	109
28	129	127	125	123	122	119	118	116	115	113	112
30	131	130	128	126	124	122	120	119	118	116	114
32	134	132	130	128	126	124	123	121	120	118	117
34	136	134	132	130	128	126	125	124	122	121	119
36	138	136	134	132	131	129	127	126	124	123	122
38	139	138	136	134	132	130	129	128	127	125	124
40	141	139	138	136	134	132	131	130	129	127	126

ПРИМЕЧАНИЕ.

Таблицы 3а, 3б, 3в и 4а, 4б, 4в рассчитаны по формуле:

$$W = \frac{b \sqrt{A}}{\sqrt[3]{A+q}} \cdot \sqrt[6]{\frac{\rho_0}{\rho}} .$$

Значения коэффициента b в зависимости от грузоподъёмности A взяты следующие

A	и	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	и
б	менее	82,0	82,5	83,6	84,9	87,0	89,6	92,4	94,3	95,5	96,0	96,2	более

Грузоподъёмность 1 м^3 водорода при давлении 1013 гПа и температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ взята равной 1084 г.

Таблица вертикальных скоростей шаров-пилотов по данным грузоподъёмности A и массы оболочки q для оболочки № 20.

A	Масса оболочки, г						A	Масса оболочки, г					
	30	32	34	36	38	40		30	32	34	36	38	40
102	162	162	161	160	159	159	178	195	194	194	193	193	192
104	163	162	162	161	160	159	180	196	196	195	194	194	193
106	164	163	162	162	161	160	182	198	197	197	196	196	195
108	165	164	163	162	161	161	184	200	199	198	198	197	196
110	165	165	164	163	162	162	186	201	201	200	200	199	198
112	166	165	164	164	163	162	188	203	202	202	201	201	200
114	167	166	165	164	164	163	190	205	204	204	203	202	202
116	167	166	166	165	164	164	192	206	206	205	204	204	203
118	168	167	166	166	165	164	194	208	207	207	206	205	205
120	168	168	167	166	166	165	196	210	209	208	208	207	207
122	169	168	168	167	166	166	198	211	211	210	210	209	208
124	170	169	168	168	167	166	200	213	212	212	211	211	210
126	170	170	169	168	168	167	202	215	214	214	213	213	212
128	171	170	170	169	168	168	204	217	216	216	215	214	214
130	172	171	170	170	169	168	206	218	218	217	217	216	216
132	172	172	171	171	170	169	208	220	219	219	218	218	217
134	173	172	172	171	171	170	210	221	220	220	220	219	218
136	174	173	172	172	171	171	212	222	222	221	220	220	219
138	174	174	173	173	172	171	214	223	223	222	221	221	220
140	175	174	174	173	173	172	216	224	223	223	222	222	221
142	176	175	175	174	173	173	218	225	224	224	223	222	222
144	177	176	176	175	174	174	220	225	224	224	223	223	222
146	178	177	176	176	175	174	222	226	225	224	224	223	223
148	178	178	177	176	176	175	224	226	226	225	225	224	224
150	179	178	178	177	177	176	226	227	226	225	225	225	224
152	180	179	179	178	178	177	228	228	227	226	226	226	225
154	181	180	180	179	178	178	230	228	227	226	226	226	225
156	182	181	182	180	179	179	232	229	228	227	227	227	226
158	183	182	183	181	180	180	234	229	229	228	228	227	227
160	184	183	184	182	181	181	236	230	229	228	228	228	227
162	185	184	185	183	182	182	238	230	230	229	229	228	228
164	186	185	186	184	183	183	240	231	230	230	230	229	228
166	187	186	187	185	184	184	242	231	231	230	230	229	228
168	188	188	188	186	186	185	244	232	231	230	230	229	229
170	189	189	190	188	187	186	246	232	232	230	230	230	229
172	191	190	191	189	188	188	248	233	232	230	230	230	229
174	192	192	192	190	190	189	250	233	232	231	231	230	230
176	194	193	194	192	191	191							

Таблица вертикальных скоростей шаров-пилотов по данным грузоподъёмности A и массы оболочки q для оболочки № 30.

A	Масса оболочки, г					A	Масса оболочки, г				
	70	75	80	85	90		70	75	80	85	90
102	149	148	146	145	143	196	199	198	196	195	194
104	150	148	147	146	144	198	200	199	198	197	196
106	150	149	148	146	145	200	202	201	200	198	197
108	151	150	149	148	146	202	204	202	201	200	199
110	152	151	150	148	147	204	205	204	203	201	200
112	153	152	150	149	148	206	206	205	204	203	201
114	154	152	151	150	149	208	207	206	205	204	203
116	154	153	152	151	150	210	209	208	206	205	204
118	155	154	153	152	150	212	210	209	207	206	205
120	156	155	153	152	151	214	211	210	208	207	206
122	156	155	154	153	152	216	212	211	210	208	207
124	157	156	155	154	152	218	213	212	210	209	208
126	158	157	156	154	153	220	214	213	211	210	209
128	159	158	156	155	154	224	216	214	213	212	210
130	160	158	157	156	154	228	217	216	215	213	212
132	160	159	158	156	155	232	218	217	216	215	213
134	161	160	158	158	156	236	220	218	217	216	215
136	162	160	159	158	157	240	221	220	218	217	216
138	163	161	160	159	157	244	222	221	219	218	217
140	163	162	161	159	158	248	223	221	220	219	218
142	164	163	162	160	159	252	223	222	221	220	218
144	165	164	162	161	160	256	224	223	222	221	219
146	166	164	163	162	161	260	225	224	223	221	220
148	167	165	164	163	162	264	225	224	223	222	221
150	167	166	165	164	163	268	226	225	224	223	222
152	168	167	166	165	164	272	227	226	225	224	222
154	169	168	167	166	165	276	228	227	225	224	223
156	170	169	168	167	166	280	228	227	226	225	224
158	171	170	169	168	167	284	229	228	227	226	225
160	172	171	170	169	168	288	230	229	228	227	226
162	173	172	171	170	169	292	230	230	229	228	226
164	174	173	172	171	170	296	231	230	229	228	227
166	176	174	173	172	171	300	232	231	230	229	228
168	177	176	175	174	172	304	233	232	231	230	229
170	178	177	176	175	174	308	233	232	231	230	230
172	180	178	177	176	175	312	234	233	232	231	230
174	181	180	179	177	176	316	235	234	233	232	231
176	182	181	180	179	178	320	236	235	234	233	232
178	184	182	181	180	179	324	236	235	234	233	233
180	185	184	183	182	181	328	237	236	235	234	233
182	187	186	184	183	182	332	238	237	236	235	234
184	189	187	186	187	184	336	239	238	237	236	235
186	190	189	188	187	186	340	239	238	237	236	235
188	192	191	190	188	187	344	240	239	238	237	236
190	194	192	191	190	189	348	241	240	239	238	237
192	195	194	193	192	191	352	241	240	239	238	237
194	197	195	195	194	192						

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица для определения вертикальной скорости шара-пилота W в м/мин по грузоподъёмности A в граммах и длине окружности C в сантиметрах.

A	C													
	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160	170
2	63	89	55	52										
2,5	70	66	61	58	55									
3	77	72	67	63	60	57								
3,5	83	78	73	68	64	61	58							
4	89	83	78	73	69	65	62							
4,5		88	83	78	73	69	66							
5		93	87	82	78	74	70	63	58					
6		102	95	90	85	80	76	69	63	59				
7		110	103	97	92	87	82	75	68	63	59			
8			110	103	98	93	88	80	73	68	63	59		
9			117	110	104	99	93	85	78	72	67	62	58	
10			123	116	109	104	98	89	82	76	70	66	61	58
15				142	134	127	121	110	100	93	86	80	75	71
20					155	146	139	126	116	107	99	93	87	82
25					173	164	156	141	130	120	111	104	97	91
30					189	179	170	155	142	131	122	114	106	100
35							184	167	153	142	131	123	115	108
40							197	178	164	151	141	131	123	116
45							209	190	174	160	149	139	130	123
50							220	200	183	169	157	147	137	129
55							231	210	192	177	165	154	144	136
60									201	185	172	161	151	142
65									209	193	179	167	157	147
70									217	200	186	174	163	153
75									224	207	192	180	168	158
80									232	214	199	185	174	164
85												191	179	169
90												197	184	174
95												202	189	178
100												207	194	183
105												212	199	187
110														192
115														196
120														200
125														205
130														209

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 продолжение

Таблица для определения вертикальной скорости шара-пилота W в м/мин по грузоподъёмности A в граммах и длине окружности C в сантиметрах.

A	C													
	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
10	58													
15	71	67	63	60										
20	82	77	73	70	66	63	60	58						
25	91	86	82	78	74	71	68	65	62	60	58	56	54	52
30	100	95	90	85	81	77	74	71	68	66	63	61	59	57
35	108	102	97	92	88	84	80	77	74	71	68	66	63	61
40	116	109	104	98	94	89	86	82	79	76	73	70	68	66
45	123	116	110	104	99	95	91	87	83	80	77	74	72	70
50	129	122	116	110	105	100	96	92	88	85	81	78	76	73
55	136	128	121	115	110	105	100	96	92	89	85	82	80	77
60	142	134	127	120	115	110	105	100	96	93	89	86	83	80
65	147	139	132	125	119	114	109	104	100	96	93	90	86	84
70	153	145	137	130	124	118	113	108	104	100	96	93	90	87
75	158	150	142	135	128	122	117	112	108	104	100	96	93	90
80	164	155	146	139	132	126	121	116	111	107	103	99	96	93
85	169	159	151	143	136	130	125	119	115	110	106	102	99	96
90	174	164	155	148	140	134	128	123	118	113	109	105	102	98
95	178	169	160	152	144	138	132	126	121	117	112	108	105	101
100	183	173	164	156	148	141	136	130	124	120	115	111	107	104
105	187	177	168	159	152	145	139	133	127	123	118	114	110	106
110	192	181	171	163	155	148	142	136	130	125	121	116	112	109
115	196	185	176	167	159	152	145	139	133	128	123	119	115	111
120	200	189	179	170	162	155	148	142	136	131	126	122	117	114
125	205	193	183	174	165	158	151	145	139	133	129	125	120	116
130	209	197	186	177	169	161	154	148	142	136	131	127	122	118
135		201	190	181	172	164	157	150	144	139	134	129	125	120
140		203	194	184	175	167	160	153	147	141	136	131	127	123
145		208	198	188	178	170	163	156	150	144	139	134	130	126
150		213	202	192	182	174	166	160	153	147	142	137	132	128
155		219	206	196	186	178	170	163	156	150	145	140	135	130
160						182	174	167	160	154	148	143	138	133
165						186	178	171	164	158	152	146	141	136
170						191	183	175	168	162	156	150	145	140
175						196	188	180	173	166	160	154	149	144
180						202	193	185	178	171	165	159	153	148
185						207	198	190	183	176	169	164	157	152
190						214	204	196	188	181	174	168	162	157
195						219	210	201	193	186	179	173	167	161
200						225	215	206	198	191	184	177	171	165
205						230	220	210	202	195	188	180	174	168
210						235	225	215	207	198	191	184	178	172
215						239	229	219	210	202	195	188	182	176
220						244	233	224	215	206	199	192	185	178
225						248	237	227	218	209	202	195	188	182
230						251	240	230	221	212	204	197	190	184

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 продолжение

Таблица для определения вертикальной скорости шара-пилота W в м/мин по грузоподъёмности A в граммах и длине окружности C в сантиметрах.

A	C							
	230	240	250	260	270	280	290	300
230	240	230	221	212	204	197	190	184
235	243	233	224	215	207	200	192	186
240	246	236	227	218	210	202	195	189
245	249	238	229	220	212	204	197	191
250	251	241	231	222	214	206	199	193
255	254	243	233	224	216	208	201	195
260		246	236	227	218	210	203	197
265		248	238	229	220	212	205	199
270		250	240	231	222	214	207	200
275		252	242	233	224	216	209	202
280		254	245	235	226	218	211	204
285		257	247	238	228	220	213	206
290		259	249	240	230	222	215	207
295		262	251	242	232	224	217	209
300		264	253	244	234	226	219	211
305		266	255	246	237	228	220	213
310				248	238	230	222	215
320				252	242	234	226	218
330				256	246	237	229	221
340				259	250	241	233	225
350				263	253	244	236	228
370						251	243	235
390						258	249	241
410							255	247
430							261	252
450							267	259

Поправочный множитель $\sqrt{\rho_0/\rho}$ для исправления вертикальной скорости шара-пилота, полученной по грузоподъемности и длине окружности шара (по приложению 5)

Температура, °C	Давление, гПа										
	1067	1053	1040	1027	1013	1000	987	973	960	947	933
	мм рт. ст.										
	800	790	780	770	760	750	740	730	720	710	700
-50	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91
-45	0,86	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92
-40	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93	0,93
-35	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94
-30	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95
-25	0,90	0,91	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96
-20	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
-15	0,92	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
-10	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
-5	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00
0	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01
5	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02
10	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02
15	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03
20	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04
25	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
30	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06
35	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07
40	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,08
45	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09
50	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 продолжение

Поправочный множитель $\sqrt{\rho_0/\rho}$ для исправления вертикальной скорости шара-пилота, полученной по грузоподъёмности и длине окружности шара (по приложению 5)

Температура, °C	Давление, гПа										
	933	920	907	893	880	867	853	840	827	813	800
	мм рт. ст.										
	700	690	680	670	660	650	640	630	620	610	600
-50	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98
-45	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
-40	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00
-35	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,02
-30	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,03
-25	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04
-20	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05
-15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06
-10	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07
-5	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,08
0	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09
5	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10
10	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11
15	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12
20	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13
25	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
30	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14
35	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15
40	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16
45	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17
50	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18

Аэрологическая книжка для базисных шаропилотных наблюдений.

Шар-пилот № _____

Дата _____ (число, месяц, год) Время _____ час. _____ мин. _____ час. _____ мин. (мест. ср. солнечное) (москов. декрет)

Оболочка № _____ Вес оболочки _____ гр. Вес фонарика _____ гр.
 Свободн. подъёмн. сила _____ гр. Длина окружн. _____ см. Попр. множитель _____
 Вертикальная скорость _____ м/мин. Испр. на плотность _____ м/мин.
 Давление _____ гПа. Температура: по сухому _____, по смочен. _____
 Влажность относит. _____ %

База № _____ Пункт № _____

Ветер на стандартных высотах

Высота теодолита первого пункта над уровнем моря _____ м.

Длина базы _____ м. Азимут _____,

Расстояние между пунктами _____ м.

Второй пункт _____ первого на _____ м.

Вертикальный угол на второй пункт _____.

Проверка теодолита № _____

Угол	До подъёма			После подъёма		
	навод-ка	пере-кидка	Δ	навод-ка	пере-кидка	Δ
горизонт.						
вертик.						

	Облачность кол-во общ. ниж. и форма	Ветер (по флюгеру) направл. и скорость
До подъёма		
После подъёма		

км	направление	скорость
Над поверхностью земли		
0,1		
0,2		
0,3		
0,5		
0,6		
0,9		
Над уровнем моря		
0,5		
1,0		
1,5		
2		
3		
4		
5		
5,5		
6		
7		
8		
9		
10		

Причина прекращения наблюдений _____

Шар скрылся в _____ направлении. Форма и высота облаков, в которые вошёл шар (по моменту «туманится»): над поверхностью земли _____, над уровнем моря _____.

Наблюдал и обработал _____ . Проверил _____ .

(фамилия)

(фамилия, дата)

Поправки $K_\alpha (K_\beta) =$ _____, $\Delta\delta (\Delta\gamma) =$ _____.

Ми- ну- ты	Угол		Высота шара над поверх. земли	Верти- кальная скорость	ΔW	Высота середины слоя		Ветер	
	горизон- тальный	верти- кальный				над поверх. земли	над уровнем моря	направ- ление	ско- рость
0,5									
1,0									
1,5									
2,0									
2,5									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Шар-пилот № _____, Дата _____, Время _____ час _____ мин.

Проектирование на горизонтальную плоскость.

Минуты													
α													
β													
$ \alpha - \beta $													
δ													
γ													
H_δ													
H_γ													
$H_\gamma \pm h$													
$H_{\text{ср}}$													
W_b													
$\Delta W = W_b - W$													

$$H_\delta = b \times \left| \frac{\sin \beta}{\sin |\alpha - \beta|} \operatorname{tg} \delta \right| ; \quad H_\gamma = b \times \left| \frac{\sin \alpha}{\sin |\alpha - \beta|} \operatorname{tg} \gamma \right| , \text{ где } b - \text{длина базы.}$$

Если второй пункт выше первого то $H_\gamma + h$, иначе $H_\gamma - h$.

Проектирование на вертикальную плоскость.

Минуты													
α													
δ													
δ'													
β													
γ													
γ'													
$\delta' \pm \gamma'$													
$\gamma' \pm \varepsilon$													
H													
W_b													
$\Delta W = W_b - W$													

$$H = c \times \left| \frac{\sin \delta' \times \sin (\gamma' \pm \varepsilon)}{\sin |\delta' \pm \gamma'|} \right| , \text{ где } c - \text{расстояние между пунктами базы, } \varepsilon - \text{вертикальный}$$

угол под которым виден теодолит второго пункта с первого пункта, h – разность высот пунктов.

Горизонтальные углы	Первый пункт выше второго	Первый пункт ниже второго
$90^\circ < \beta < 270^\circ$	$ \gamma' - \varepsilon $	$ \gamma' + \varepsilon $
$\beta < 90^\circ$ или $\beta > 270^\circ$	$ \gamma' + \varepsilon $	$ \gamma' - \varepsilon $

Относительные ошибки в вычислении высот шара в зависимости от величины углов
 $|\alpha - \beta|$ или $|\delta' \pm \gamma'|$ при точности теодолита 0.1°

$ \alpha - \beta $ или $ \delta' \pm \gamma' $		%	$ \alpha - \beta $ или $ \delta' \pm \gamma' $		%	$ \alpha - \beta $ или $ \delta' \pm \gamma' $		%
1	179	19,94	31	149	0,58	61	119	0,19
2	178	9,97	32	148	0,56	62	118	0,19
3	177	6,64	33	147	0,54	63	117	0,18
4	176	4,98	34	146	0,52	64	116	0,17
5	175	3,98	35	145	0,50	65	115	0,16
6	174	3,31	36	144	0,48	66	114	0,15
7	173	2,83	37	143	0,46	67	113	0,15
8	172	2,48	38	142	0,44	68	112	0,14
9	171	2,20	39	141	0,43	69	111	0,13
10	170	1,97	40	140	0,41	70	110	0,12
11	169	1,79	41	139	0,40	71	109	0,11
12	168	1,64	42	138	0,39	72	108	0,11
13	167	1,51	43	137	0,37	73	107	0,10
14	166	1,40	44	136	0,36	74	106	0,09
15	165	1,30	45	135	0,35	75	105	0,09
16	164	1,21	46	134	0,34	76	104	0,08
17	163	1,14	47	133	0,32	77	103	0,07
18	162	1,07	48	132	0,31	78	102	0,07
19	161	1,01	49	131	0,30	79	101	0,06
20	160	0,96	50	130	0,29	80	100	0,05
21	159	0,91	51	129	0,28	81	99	0,05
22	158	0,86	52	128	0,27	82	98	0,04
23	157	0,82	53	127	0,26	83	97	0,04
24	156	0,78	54	126	0,25	84	96	0,03
25	155	0,75	55	125	0,24	85	95	0,02
26	154	0,71	56	124	0,23	86	94	0,02
27	153	0,68	57	123	0,23	87	93	0,01
28	152	0,65	58	122	0,22	88	92	0,01
29	151	0,63	59	121	0,21	89	91	0,00
30	150	0,60	60	120	0,20	90	90	

Относительные ошибки в вычислении высот шара в зависимости от величины горизонтальных углов α или β при точности теодолита 0.1°

α или β		%	α или β		%	α или β		%
1	179	9,97	31	149	0,29	61	119	0,10
2	178	4,98	32	148	0,28	62	118	0,09
3	177	3,32	33	147	0,27	63	117	0,09
4	176	2,49	34	146	0,26	64	116	0,08
5	175	1,99	35	145	0,25	65	115	0,08
6	174	1,66	36	144	0,24	66	114	0,08
7	173	1,42	37	143	0,23	67	113	0,07
8	172	1,24	38	142	0,22	68	112	0,07
9	171	1,10	39	141	0,21	69	111	0,07
10	170	0,99	40	140	0,21	70	110	0,06
11	169	0,90	41	139	0,20	71	109	0,06
12	168	0,82	42	138	0,19	72	108	0,06
13	167	0,75	43	137	0,19	73	107	0,05
14	166	0,70	44	136	0,18	74	106	0,05
15	165	0,65	45	135	0,17	75	105	0,05
16	164	0,61	46	134	0,17	76	104	0,04
17	163	0,57	47	133	0,16	77	103	0,04
18	162	0,54	48	132	0,16	78	102	0,04
19	161	0,51	49	131	0,15	79	101	0,03
20	160	0,48	50	130	0,15	80	100	0,03
21	159	0,45	51	129	0,14	81	99	0,03
22	158	0,43	52	128	0,14	82	98	0,02
23	157	0,41	53	127	0,13	83	97	0,02
24	156	0,39	54	126	0,13	84	96	0,02
25	155	0,37	55	125	0,12	85	95	0,02
26	154	0,36	56	124	0,12	86	94	0,01
27	153	0,34	57	123	0,11	87	93	0,01
28	152	0,33	58	122	0,11	88	92	0,01
29	151	0,31	59	121	0,10	89	91	0,00
30	150	0,30	60	120	0,10	90	90	0,00

Приложение 9 продолжение

Относительные ошибки в вычислении высот шара в зависимости от величины вертикальных углов δ (δ') или γ (γ') ($\gamma' \pm \varepsilon$) при точности теодолита 0.1°

δ (δ') или γ (γ') ($\gamma' \pm \varepsilon$)		%	δ (δ') или γ (γ') ($\gamma' \pm \varepsilon$)		%	δ (δ') или γ (γ') ($\gamma' \pm \varepsilon$)		%
1	89	9,94	16	74	0,66	31	59	0,40
2	88	4,97	17	73	0,62	32	58	0,39
3	87	3,31	18	72	0,58	33	57	0,38
4	86	2,50	19	71	0,56	34	56	0,37
5	85	2,00	20	70	0,54	35	55	0,37
6	84	1,67	21	69	0,52	36	54	0,37
7	83	1,44	22	68	0,50	37	53	0,36
8	82	1,33	23	67	0,48	38	52	0,36
9	81	1,13	24	66	0,47	39	51	0,36
10	80	1,02	25	65	0,45	40	50	0,35
11	79	0,93	26	64	0,44	41	49	0,35
12	78	0,86	27	63	0,43	42	48	0,35
13	77	0,79	28	62	0,42	43	47	0,35
14	76	0,74	29	61	0,41	44	46	0,35
15	75	0,70	30	60	0,40	45	45	0,35