

Геодезические измерения

Виды геодезических измерений

При геодезических работах основной объём информации получают с помощью геодезических измерений, которые классифицируются следующим образом:

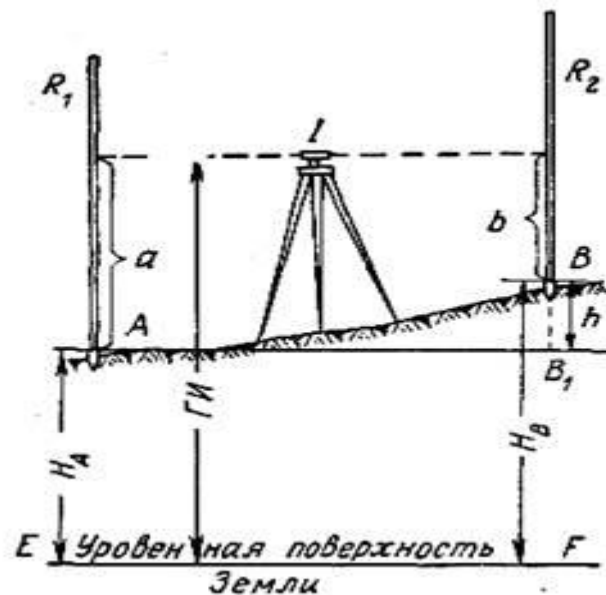
- по назначению;
- по точности;
- по объёму;
- по характеру получаемой информации;
- по инструментальной природе получаемой информации;
- по взаимозависимости результатов измерений



Классификация по назначению

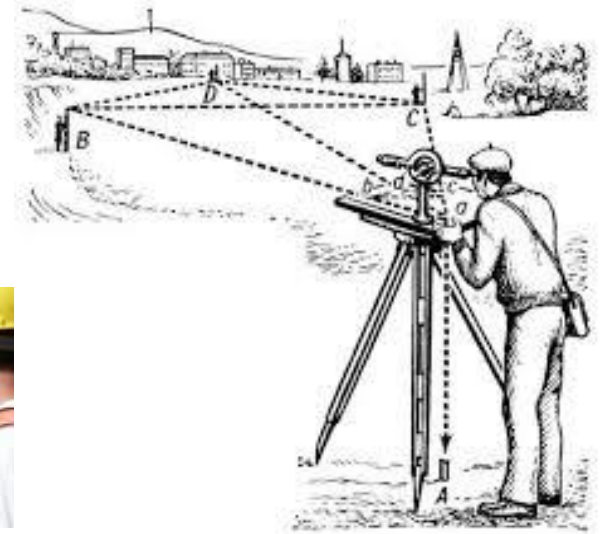
По своему назначению геодезические измерения бывают:

- угловые;
- линейные;
- нивелирные (измеряются высоты или превышения);
- координатные (измеряются координаты или их приращения);
- гравиметрические (измеряют ускорения силы тяжести).



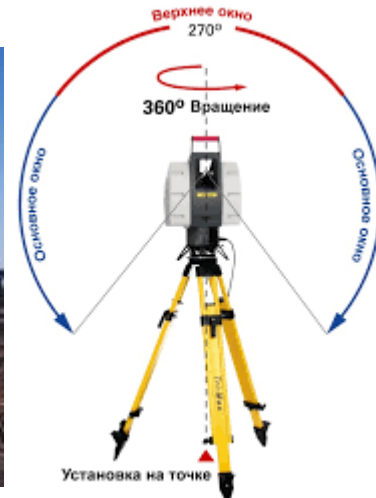
В связи с этим сформировались следующие технологические процессы топографо-геодезических работ:

- топографическая съёмка
- разбивочные работы
- определение деформаций зданий, сооружений, земной коры
- триангуляция
- трилатерация
- полигонометрия
- спутниковые измерения
- астрономические определения
- гравиметрические работы
- створные измерения



В зависимости от типов используемых средств геодезические измерения делят на три группы:

- высокоточные
- точные (средней точности)
- технические (малой точности)



Процесс измерения в геодезии осуществляется при наличии пяти составляющих (факторов):

- объект — что измеряется
- субъект — кто измеряет
- средство — чем измеряется
- метод — как измеряется
- внешняя среда — в каких условиях и где измеряется.



Конкретное содержание и состояние факторов геодезического измерения определяются условиями, которые могут быть классифицированы по следующим признакам:

По физическому исполнению:

- **прямые измерения**, в которых значение измеряемой величины получают непосредственным сравнением с однородной физической величиной (эталоном). Примером прямого измерения служит измерение длины линии рулеткой или мерной лентой;
- **косвенные измерения**, в которых значение определяемой величины получают из вычислений, в которых в качестве исходных используют результаты измерений величин, связанных с определяемой. Например: измерение длины линии светодальномером. В этом случае измеряется непосредственно время прохождения светового сигнала от дальномера до отражателя и обратно, а затем вычисляется длина линии



По роду:

- однородные (измерения однородных физических величин)
- разнородные (все прочие по отношению к однородным)

По количеству:

- необходимые измерения дают только по одному значению каждой измеряемой величины
- дополнительные или избыточные измерения производятся для получения нескольких значений измеряемой величины в целях контроля, исключения грубых погрешностей или повышения качества результатов измерений

По точности:

- **равноточные**, которые выполняются в одинаковых условиях, т. е. объекты одного и того же рода измеряют исполнители одинаковой квалификации, приборами одного класса, по единой методике, в достаточно схожих по характеру условиях внешней среды
- **неравноточными** считаются измерения, выполняемые в случаях, когда по крайней мере одна из составляющих процесса измерения существенно отличается от аналогичной составляющей других измерений



По физической природе носителей информации:

- визуальная фиксация результатов измерения, когда передача информации в системе «прибор — цель» осуществляется с участием наблюдателя (оператора);
- невизуальные измерения в основе своей полностью или частично исключают участие наблюдателя. В этом случае используют средства радиоэлектроники, микропроцессорной техники и др.

По взаимозависимости:

- независимые
- зависимые
- коррелированные



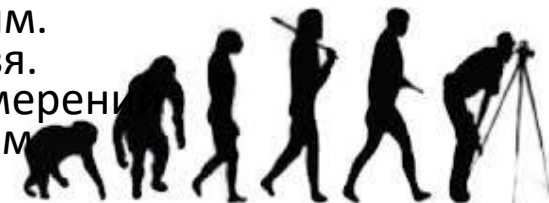
Ошибки измерений разделяют по двум признакам: характеру их действия и источнику происхождения.

По характеру действия ошибки бывают грубые, систематические и случайные.

- **Грубыми называют ошибки**, превосходящие по абсолютной величине некоторый, установленный для данных условий измерений, предел. Они происходят в большинстве случаев в результате промахов и просчетов исполнителя. Такие ошибки обнаруживают повторными измерениями, а результаты, содержащие их, бракуют и заменяют новыми. Ошибки, которые по знаку или величине однообразно повторяются в многократных измерениях (например в длине линии из-за неточного знания длины мерного прибора, из-за неточности уложения мерного прибора в створе этой линии и т. п.), называют *систематическими*. Влияние систематических ошибок стремятся исключить из результатов измерений или ослабить тщательной проверкой измерительных приборов, применением соответствующей методики измерений, а также введением поправок в результаты измерений.



- **Случайные ошибки - это ошибки**, размер и влияние которых на каждый отдельный результат измерения остается неизвестным. Величину и знак случайной ошибки заранее установить нельзя. Однако теоретические исследования и многолетний опыт измерения показывают, что случайные ошибки подчинены определенным вероятностным закономерностям, изучение которых дает возможность получить наиболее надежный результат и оценить его точность.



По источнику происхождения различают **ошибки приборов, внешние и личные.**

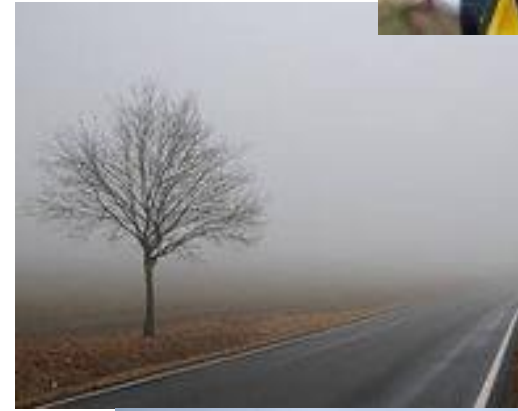
- **Ошибки приборов** обусловлены их несовершенством, например, ошибка в угле, измеренном теодолитом, ось вращения которого неточно приведена в вертикальное положение.
- **Внешние ошибки** происходят из-за влияния внешней среды, в которой протекают измерения, например, ошибка в отсчете по нивелирной рейке из-за изменения температуры воздуха на пути светового луча (рефракция) или нагрева нивелира солнечными лучами.
- **Личные ошибки** связаны с особенностями наблюдателя, например, разные наблюдатели по-разному наводят зрительную трубу на визирную цель.
- Так как грубые ошибки должны быть исключены из результатов измерений, а систематические исключены или ослаблены до минимально допустимого предела, то проектирование измерений с необходимой точностью, оценку результатов выполненных измерений производят, основываясь на свойствах случайных ошибок.



Влияние окружающей среды.

При проведении измерений важным фактором является среда, в которой они проводятся. Негативно влияют:

- -плохие погодные условия (осадки, ветер, туман, высокая температура)
- -нестандартное местоположение объекта (болота, запруды, высокогорье)
- -наличие технических средств, порождающих вибрации (соседство с железными дорогами, метро, гидроэлектростанциями и др.)
присутствие вредоносных животных
- -зимнее время, когда температура держится около нуля градусов
- Геодезистам нередко приходится сталкиваться со всеми этими «препятствиями» на пути к решению поставленных задач. Но существуют методики и оборудование, способное минимизировать влияние внешних негативных факторов.



Влияние внешней среды.

- Влияние внешней среды в настоящее время существенно ограничивает точность угловых измерений.
- Это объясняется тем, что высокоточные угловые измерения проводятся в приземном слое воздуха, непрерывно изменяющемся в течение суток. Расстояния между пунктами от нескольких единиц до десятков километров.
- Приземные слои атмосферы более всего насыщены водяными парами, пылью, дымом и под влиянием солнечного нагрева поверхности земли постоянно меняют оптические свойства: преломление, отражение, поглощение и рассеивание световых лучей. Это обуславливает дальность видимости, яркость и отчетливость изображений.

На точность измерений оказывает большое влияние

- прозрачность атмосферы, колебания воздуха, освещенность визирных целей и
- фон, на который они проектируются.

Наиболее существенными ошибками, возникающими под действием внешних условий, являются:

- • влияние рефракции;
- • конвекционные потоки воздуха;
- • фазы визирных целей;
- • кручение, гнутие и смещение вершины сигнала;



Влияние рефракции.

- Явление рефракции состоит в изгибании траектории световых лучей при прохождении ими слоев атмосферы различной плотности.
- Обычно рассматривают проекцию рефракции на горизонтальную и вертикальную плоскости, т.е. ее составляющие – **горизонтальную (боковую) и вертикальную рефракцию.**
- Поскольку изменение плотности с высотой во много раз больше ее изменения в горизонтальном направлении, вертикальная рефракция значительно превышает горизонтальную.
- Боковая рефракция может достигать 0,"5-0,"7, при неблагоприятных условиях 5-7", и при особо неблагоприятных - 10".
- Величина боковой рефракции по каждому направлению непрерывно изменяется как в течение суток, так и при переходе от одних суток к другим. В одно и то же время она может быть одинаковой и различной по разным направлениям с одного пункта. Днем и ночью рефракция имеет разные знаки. Величина рефракции зависит от условий погоды и от условий прохождения визирного луча. Максимальной величины боковая рефракция достигает в безветренные ясные жаркие летние дни. В пасмурную и прохладную погоду при наличии хотя бы небольшого ветра ее влияние ослабевает. Поправки за боковую рефракцию не вводят.

Для уменьшения влияния рефракции

необходимо:

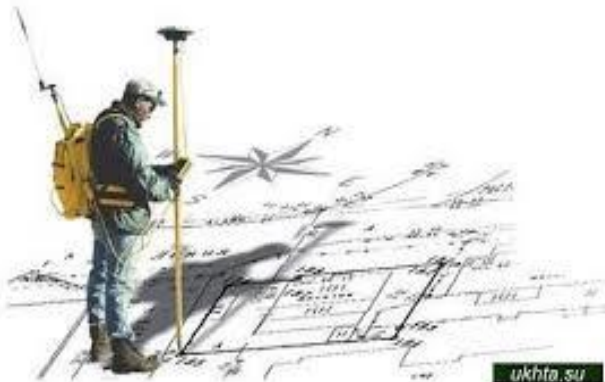
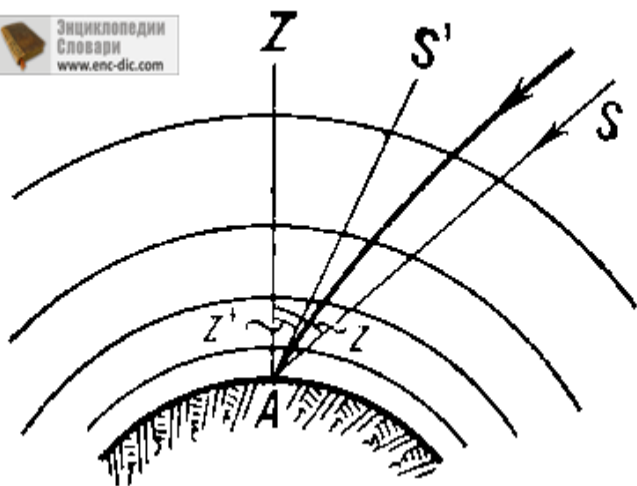
а) поверхности сырых низменностей и озер пересекать симметрично, а реки и долины – под прямым углом (достигается при составлении проекта и рекогносцировке).

б) вблизи пути визирного луча не должно быть никаких предметов. Любой предмет нагревается скорее, чем воздух. Значит, и слои воздуха около предмета нагреваются скорее, и будут иметь меньшую плотность.

в) на пункте перед наблюдениями необходимо проверить и в случае необходимости обязательно принять меры к тому, чтобы луч визирования проходил не ближе 20 см от столбов сигнала.

г) наблюдения на пункте необходимо растягивать, по крайней мере, на две видимости (утреннюю и вечернюю) или на период двух суток.

д) наблюдения при слегка колеблющихся изображениях указывают на перемешивание воздуха, а значит, и на ослабление рефракции.



Конвекционные потоки воздуха и выгоднейшее время измерения горизонтальных углов.

- Конвекционные токи воздуха возникают вследствие изменения нагрева Солнцем земной поверхности. Они приводят к колебаниям по азимуту и высоте образования визирных целей, затрудняют наведение. В периоды сильных колебаний воздуха изображения визирных целей становятся размытыми и неясными, «прыгающими». В это время производить высокоточные измерения нельзя. Их проводят только в периоды спокойных или слегка колеблющихся четких изображений.

Выделяют два периода спокойных изображений:

- 1) утренний – наступает через 0,5-1 час после восхода Солнца и длится 1-2 часа.
- 2) вечерний – длящийся в течение 3-4 часов, наступает в 16-1700 и заканчивается за 0,5 до захода Солнца.

Явление фаз.

- Возникает вследствие неравномерного освещения визирной цели солнечными лучами. Оно приводит к тому, что глаз наблюдателя неверно оценивает положение геометрической оси визирного цилиндра и смещает визирную ось в сторону лучше видимой части визирной цели.
- Для ослабления влияния фаз делаются малофазные визирные цилиндры, ребристые, болванки делаются шероховатыми и окрашиваются вистовыми красками.
- Уменьшения влияния можно добиться, если каждое направление наблюдать в утренний и вечерний периоды видимости. В этом случае ошибки «за фазу» имеют противоположные знаки и в среднем значении исключаются.
- При измерении углов в триангуляции 1 класса



Кручение, гнутие и смещение вершины сигналов.

Вследствие неравномерного солнечного нагрева отдельных деталей конструкции, изменения влажности воздуха и действия ветра геодезические сигналы так же, как и все высокие строения, претерпевают различные деформации.

Кручение – непрерывное азимутальное вращение верхней части сигнала

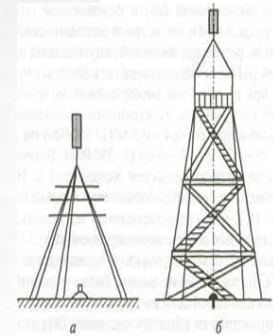
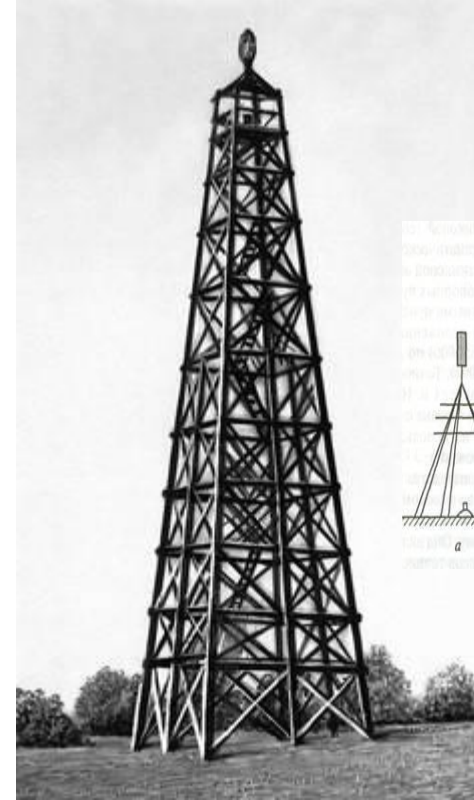
- вокруг его вертикальной оси. Вращение инструментального столика днем в одну сторону, ночью в другую. Закручивание достигает до $15'$, а средняя скорость $1-2''$.

Гнутие – изгибание сигнала.

- Для уменьшения ошибки за кручение:
- 1) надо стремиться, чтобы прием длился как можно меньше времени;
- 2) измерения углов при двух кругах выполнять с разной последовательно-
- стью наведения трубы на наблюдаемые предметы;
- 3) применять поверительную трубу, которая неподвижно закрепляется на
- подставке прибора и наводится на специальную марку ли удаленный предмет
- (неудобно).

Измерение температуры инструмента.

- Особенный неравномерный нагрев его отдельных частей приводит к измерению положения его отдельных частей и



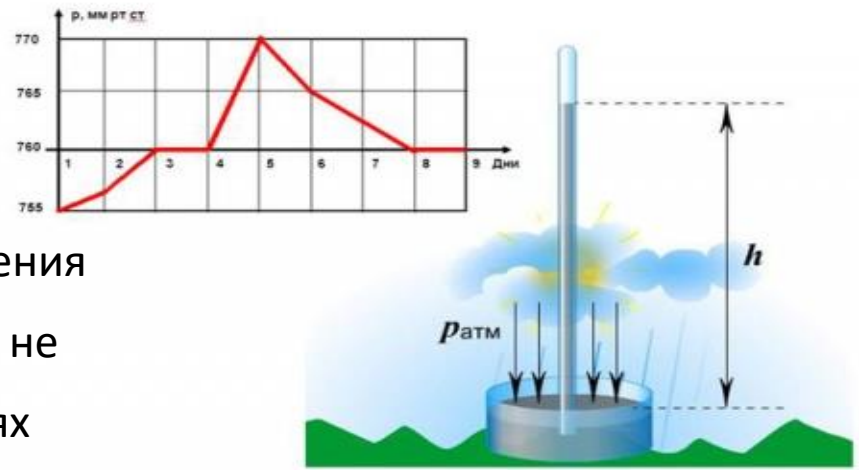


Атмосферные условия.

- **Влияние температуры воздуха.** Очень высокие и очень низкие температуры воздуха приводят к деформации инструментов. В этих случаях приходится вводить температурные поправки в отсчеты при высокоточных геодезических измерениях (например, при базисных измерениях, триангуляции), а также при барометрическом нивелировании. Высокие дневные температуры воздуха летом, особенно в южных районах нашей страны, приводят к сильным турбулентным вертикальным токам воздуха, и это сказывается на «дрожании» изображения рейки в объективе инструмента, что снижает точность отсчетов по рейке. Резкие изменения температуры с высотой приводят к нежелательным оптическим явлениям (усиление рефракции, миражи).



Атмосферные условия.



Модель 4.40. Изменение атмосферного давления

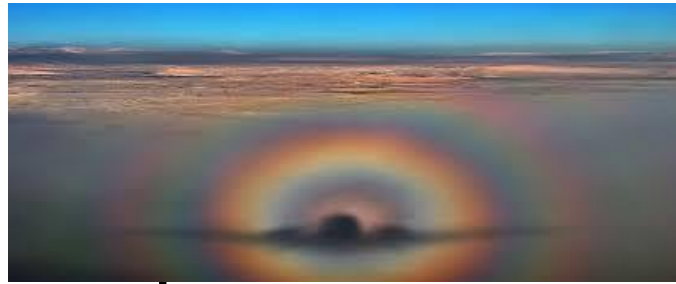


- **Влияние давления воздуха.** Изменение давления воздуха с высотой используется при барометрическом нивелировании. Большая и не постоянная изменчивость давления воздуха в горизонтальном и вертикальном направлениях снижает точность барометрического нивелирования. Для учета изменчивости давления устраивают барометрические станции, где ведется непрерывное наблюдение за изменением давления на одном месте в районе работ. Зависимость между атмосферным давлением и высотой точек местности выражается упрощенной формулой Б. Бабине, применяемой при геофизической разведке

$$h = 7991 \cdot \frac{\Delta p}{p_{cp}} (1 + \alpha t^\circ),$$

- где h — разность высот двух точек, Δp — разность атмосферного давления между ними, p_{cp} — среднее давление для двух точек, α — коэффициент расширения воздуха, t° — температура для





Атмосферные условия.

- **Осадки исключают полевые работы**, поэтому необходимо учитывать по климатическим показателям среднее число дней с осадками в районе работ, на время которых планировать камеральные работы.
- **Влияние облачности.** Облачность может помешать выполнению аэрофотосъемки. Поэтому при планировании аэрофотосъемки необходимо изучить годовой и суточный ход облачности в районе работ и подсчитать число аэрофотосъемочных дней.
- **Влияние оптических явлений атмосферы.** Из оптических явлений, которые приходится учитывать при производстве геодезических работ, следует указать на кажущуюся форму небесного свода, дальность видимости и рефракцию.
- Форма небесного свода кажется для наблюдателя приплюснутой. Так, например, точка небесного свода, оцениваемая на глаз на высоте 45° , оказывается в действительности на высоте 22° . Высота над горизонтом 5° оценивается в 13° . Поперечник Солнца и Луны у горизонта кажется в наших широтах в 5,5 раз больше, чем в полдень. Такое явление приходится учитывать при глазомерной оценке высоты звезд для наведения зрительной трубы теодолита (универсала) на звезду

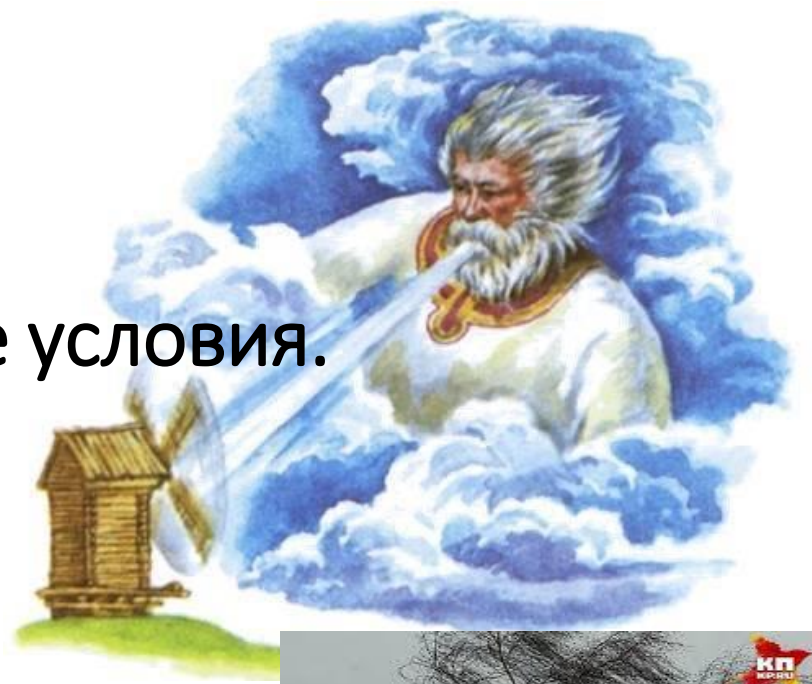


АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ





Атмосферные условия.



- **Влияние ветра.** Сильный ветер влияет на устойчивость инструментов и реек. Поднимая пыль, песок и снег, он снижает дальность видимости. При работе на сигналах приходится вводить поправку на ветер, так как даже ветер сравнительно небольшой скорости приводит к качанию сигналов, что снижает точность геодезических измерений.
- **Влияние влажности воздуха и осадков.** Очень высокая относительная влажность, а также осадки могут вызвать ржавчину инструментов, очень низкая относительная влажность может привести к высыханию смазки и к растрескиванию деревянных частей инструментов. Колебание влажности приводит к деформации аэроснимков, величина которой может достигать 1%. Сказанное выше заставляет принимать соответствующие профилактические меры для сохранения инструментов и материалов в рабочем состоянии.



Эх мороз, мороз... А на улице - 43.



Атмосферные условия.

- **Дальность видимости понижается при дымке.** Наличие дымки ухудшает качество фотографического изображения на больших расстояниях, так как ее яркость накладывается на яркость фотографируемого объекта и фона и уменьшает контраст между ними. Дымка затрудняет геодезические наблюдения на большие расстояния, а порой делает их невозможными.
- Рефракция, т. е. угол между истинным и видимым направлением на предмет, сильно влияет на точность угломерных измерений. Поэтому, даже при сравнительно малоточных геодезических измерениях низших классов, вводится поправка за рефракцию. Она сильно увеличивается делается очень переменной при больших расстояниях.

