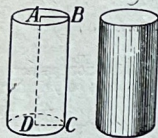


угольник, высота которого равна высоте цилиндра, а длина — длине окружности основания. Такой чертеж называется разверткой цилиндра (края прямоугольника снабжаются полоской и зубчиками для удобства склеивания).

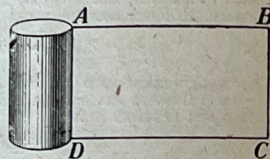
Развертка цилиндра указывает нам путь к вычислению „боковой поверхности“ цилиндра (черт. 109), т.е. величины его кривой поверхности. Она, очевидно, равна площади прямоугольника $ABCD$, т.е.

боковая поверхность цилиндра равна длине окружности основания цилиндра, умноженной на его высоту.

Если диаметр основания цилиндра d , а высота — h , то боковая поверхность цилиндра $= \pi d \cdot h = \pi dh$.



Черт. 108.



Черт. 109.

Вычисление объема цилиндра производится так же, как прямой призмы. Рассуждая подобным же образом (§ 32), найдем, что объем цилиндра равен площади его основания,

умноженной на высоту, т.е. $v = \frac{1}{4} \pi d^2 h$.

Повторительные вопросы.

Что называется цилиндром? Приведите примеры цилиндрических тел из окружающей вас обстановки. — Как изготовляется развертка цилиндра? — Как вычисляется объем цилиндра? — Как выражаются эти правила формулами?

Применения.

47. Нужно покрасить 200 фонарных столбов, имеющих форму цилиндров в 4,7 м высоты и 18 см в диаметре. Сколько рабочих дней понадобится на это, если на окраску 1 кв. м нужно 0,04 раб. дня.

Решение. Поверхность всех фонарных столбов равна

$$200 \cdot 3,14 \cdot 0,18 \cdot 4,7 = 530 \text{ кв. м.}$$

Искомое число рабочих дней $= 0,04 \cdot 530 = 20$.

48. Сколько нужно взять бревен длиной 6 м и толщиной в середине 25 см, чтобы получить объем в 1 куб. м?

Решение. Объем не слишком суживающегося бревна можно вычислять, как объем цилиндра, диаметр основания которого равен толщине бревна посередине. Поэтому объем каждого из бревен $= 3,14 \cdot \frac{0,25^2}{4} \cdot 6 = 0,29 \text{ куб. м.}$ Надо 3,4 таких бревна.

49. Кусок медной проволоки толщиной 3 мм, весит 5,5 кг. Какой длины эта проволока?

Решение. Объем проволоки равен объему 5 500 г меди, т.е. $\frac{5\ 500}{8,9} = 620 \text{ куб. см.}$ Площадь поперечного сечения проволоки равна $3,14 \cdot \frac{0,3^2}{4} = 0,07 \text{ кв. см.}$ Разделив объем проволоки на площадь сечения, узнаем длину проволоки (проволока — цилиндрическое тело):

$$620 : 0,07 = 9\ 000 \text{ метров.}$$

§ 37. Литр.

Для измерения объема жидких тел в метрической системе мер употребляется кружка, могущая вместить килограмм воды. Так как 1 кг воды занимает объем 1 куб. дм (§ 33), то литр есть объем 1 куб. дм, или 1 000 куб. см. В кубическом метре 1 000 литров (почему?).

Литру может быть придана различная форма, только бы вместимость его была 1 000 куб. см. Так, для молока употребляют обычно цилиндрический литр, диаметр основания и высота которого равны 10,84 см. Можно убедиться, что вместимость такой кружки действительно равна 1 000 куб. см: применяя правила вычисления объема цилиндра, имеем:

$$\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10,84^2 \cdot 10,84 = 1\ 000.$$

Применения.

50. В цилиндрическом колоде, внутренний диаметр которого 2,1 м, вода прибывала на 28 см. Сколько литров воды прибыло?

Решение. Объем прибывшей воды равен

$$3,14 \cdot \frac{2,1^2}{4} \cdot 28 = 970\ 000 \text{ куб. см} = 970 \text{ литров.}$$

51. Сколько литров воды подает в секунду труба, внутренний диаметр которой 8,4 см. Скорость течения воды в ней 1,2 м в секунду.

Решение. Объем подаваемой воды равен

$$3,14 \cdot \frac{8,4^2}{4} \cdot 120 = 6\ 600 \text{ куб. см} = 6,6 \text{ литра.}$$

VII. Занятия на открытом воздухе.

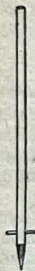
§ 38. Мерный шнур и работа с ним.

Чтобы производить измерения на местности, надо запастись мерным шнуром — веревкой в 10 метров длины, разделенной на метры. Такой шнур может заменить дорогую мерную ленту (рулетку) или цепь, которыми пользуются землемеры.

Для приготовления мерного шнура выбирают прочную веревку* длиной немного больше 10 метров; запас нужен для двух глухих

* Чтобы шнур не страдал от сырости советують его выварить в конопляном масле, вытянуть и дважды осолить. В продаже имеются и готовые осоленные веревки; для мерного шнура это самые подходящие.

петель, которые завязываются по концам шнура с таким расчетом, чтобы расстояние между серединами петель вытянутого шнура как раз равнялось 10 метрам. Шнур при работе надевают петлями на особые колья примерно в метр высоты. Концы колеьев заостряют, чтобы удобно было втыкать их в землю; близ острого конца обоих колеьев прибивают поперечную палочку (можно пробить большой гвоздь), чтобы петли не соскальзывали (черт. 110).



Черт. 110.

На шнуре надо отметить отдельные метры. Для этого в соответствующие места шнура влетают кожаные или холщевые цветные полоски, концы которых сшиваются. Можно отмечать метры и иным каким-нибудь способом.

Принадлежностью мерного шнура являются 10 небольших заостренных колышков в 30—40 сантиметров длины. Колышки эти называются „бирками“ (черт. 111). Их можно сделать из дерева, просверлив в толстом конце дыру для продевания через нее проволочного кольца, или привязав к тупому концу веревочную петлю. Еще удобнее изготовить бирки из толстой проволоки, загнув ее на одном конце петель. В том и другом случае бирки хранят надетыми на проволочное кольцо.

Объясним, как пользуются этими принадлежностями.

Предположим, вы желаете измерить длину забора. Работу эту (как и большинство измерительных работ) приходится выполнять не менее, чем вдвоем; без помощника обойтись здесь трудно. Вы втыкаете один из колеьев мерного шнура в землю у начала забора, а помощник ваш идет вперед, держа в руках другой кол и вытягивая шнур; вытянув шнур на полную длину, он втыкает в землю у второго кола одну бирку и, предупредив вас, идет дальше. Вы вынимаете ваш кол и следуете за помощником, волочащим шнур по земле; дойдя до воткнутой в землю бирки, ставите на ее место ваш кол и ждете пока помощник, натянув шнур, воткнет у своего кола вторую бирку. Тогда вы извлекаете бирку и идете с помощником вперед, снова волоча шнур, останавливаясь у второй бирки и т. д.

Дойдя до конца забора, помощник идет дальше по прямой линии, пока шнур не натянется. Тогда, оставив кол на месте последней бирки (вами подобранной), вы подходите к концу забора и считаете по меткам шнура, сколько метров уложилось между последней биркой и концом забора. Доли метра оцениваются на глаз: полметра, четверть метра (мельче не нужно). Заметив число отдельных метров, вы по числу бирок в ваших руках узнаете, сколько целых шнуров вы отмерили, — т. е. сколько десятков метров в длине забора. Если, например, за последней биркой легло $6\frac{3}{4}$ метра, а колышков в вашей руке 7, то длина забора

$$7 \cdot 10 + 6\frac{3}{4} = 76\frac{3}{4} \text{ м.}$$



Черт. 111.

Чтобы не ошибиться в числе целых шнуров, надо проверить, сколько бирок осталось на кольце у вашего помощника. Если ваши бирки вместе с теми, которые у него, составляют 10, — значит, ни одна бирка не была пропущена.

§ 39. Расстановка вех.

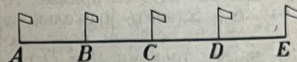
Когда приходится отмерять по местности более или менее длинные расстояния, нельзя обойтись только мерным шнуром. Пройти с мерным шнуром на открытом поле по прямой линии, нигде не уклоняясь в сторону — удается только на сравнительно небольшом расстоянии и при том на ровном, чистом месте. Если же расстояние подлиннее, а в особенности, если местность пересечена ложбинами и зарослями — необходимо облегчить себе работу расстановкой вех.

„Веха“ — это шест, метра два длиною, с заостренным концом для более удобного втыкания в землю. Лучше, если веха окована у острого конца, чтобы он не размочаливался, и окрашена попеременно, участками, в белый и черный цвета для лучшей видимости. Но это не необходимо; надо только, чтобы веха была ровная (не кривая) и не чересчур толстая; для лучшей видимости можно снабдить каждую веху красным флажком.

Рассмотрим сначала простейший случай „вешения“ (расстановки вех), — когда надо провести длинную линию на ровной местности между двумя легко доступными точками *A* и *E* (черт. 112). Прежде всего вы устанавливаете вехи в эти крайние точки *A* и *D*, заботясь о том, чтобы они стояли отвесно. Затем становитесь позади вехи *A* так, чтобы вы могли видеть перед собою сразу обе вехи *A* и *E*. Помощник, отойдя с несколькими вехами метров на 20—30 вперед, должен установить первую из своих вех в точке *B* между *A* и *E* так, чтобы все три вехи были на одной прямой линии. В этом убедиться просто: веха *B* будет на одной прямой линии с вехами *A* и *E* тогда, когда, глядя на веху *A*, вы увидите, что она сразу покрывает собою обе другие вехи — *B* и *E*. Если помощник поставил веху не так, вы указываете ему поднятием правой или левой руки, в какую сторону он должен подвинуть свою веху.

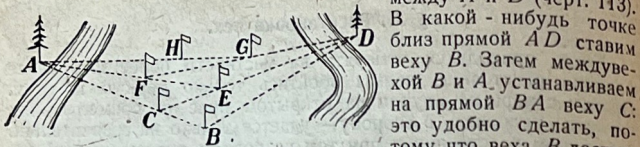
Когда первая промежуточная веха *B* поставлена, помощник ваш идет дальше, и таким же образом устанавливается следующая веха — *C*. Теперь, глядя на веху *A*, вы должны видеть ее покрывающей сразу вехи *B*, *C* и *E*. Если измеряемое расстояние длинно, вы ставите затем 5-ую веху, 6-ую и т. д.

Измерение такого „проященного“ расстояния значительно облегчается: вы идете с мерным шнуром от вехи к вехе.



Черт. 112.

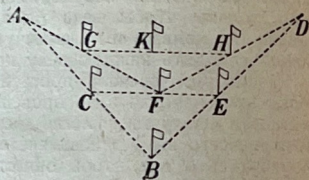
Возможны и более сложные случаи „вешения“. Бывает, например, что обе конечные веши недоступны для мерщиков — установлены, скажем, за речками; они хорошо видны, но к ним не подобраться. В этом случае расставляют промежуточные веши между A и D (черт. 113).



Черт. 113.

В какой-нибудь точке близ прямой AD ставим вешу B . Затем между вешей B и A устанавливаем на прямой BA вешу C : это удобно сделать, потому что веша B доступна. Потом на прямой CD ставим вешу E . Между E и A помещаем вешу F ; между F и D — вешу G ; между G и A — вешу H и т. д. Подвигаясь постепенно таким образом все ближе и ближе к прямой AD мы, наконец разместим последнюю пару веж как раз на этой прямой. А имея две доступные веши, нетрудно уже расставить и сколько угодно других.

Сходным образом поступают и в том случае, когда между конечными точками A и D расположена горка, так что, стоя у одного конца линии, нельзя видеть другого. Здесь размещают веши в таком порядке (черт. 114). Сначала ставят вешу B , потом между A и B — вешу C , а между B и D — вешу E . Между C и E устанавливают вешу F и с нею повторяют то, что делали с вешой B , — т. е. ставят на линии FA вешу G , а между F и D ставят вешу H — затем между G и H ставят вешу K , и так постепенно подвигаются к прямой AD , пока, наконец, не очутятся на ней с последней парой веж.

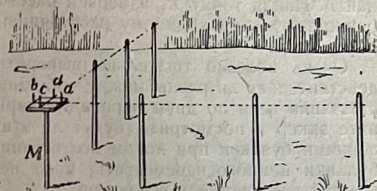


Черт. 114.

§ 40. Эккер и его употребление.

Взаимно перпендикулярные линии на земле проводятся при помощи инструмента, называемого эккером. Эккер — это две деревянные планки, скрепленные накрест и установленные на заостренной палке (черт. 115). У концов планок воткнуты 4 иглы (или прикреплены пластинки с прорезами) так, что прямые соединяющие противоположные иглы (или прорезы) пересекаются друг с другом под прямым углом. Впрочем, нег надобности делать эккер непременно из перекрещивающихся планок; можно просто прибить четырехугольную или круглую доску к палке, в

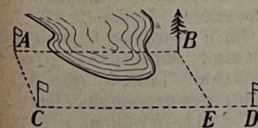
виде одноногого столика, а на этой доске установить четыре булавки. Размещение булавок тоже дело не сложное: возьмите листок бумаги, перегните его раз, а затем второй раз так, чтобы линии первого сгиба совпадали. Когда вы развернете потом эту бумагу, на ней будут обозначены две линии, пересекающиеся под прямым углом. Расправьте этот листок на доске эккера и воткните булавки в линии сгиба, близ краев. Бумажку можно тогда убрать — эккер готов.



Черт. 115.

Объясним теперь, как пользоваться эккером. Предположим, вы хотите аккуратно отмерить на земле прямоугольную площадку 35 метров длины и 15 ширины.

Воткнув заостренный конец эккера в одну из вершин отмеряемого четырехугольника, вы глядите вдоль двух булавок, повернув эккер так, чтобы линия вашего взгляда шла по направлению одной стороны будущей площадки (черт. 115). Помощник, по вашему указанию, ставит одну или две веши как раз на этой линии, т. е. так, чтобы булавки покрывали расставляемые веши. Когда это сделано и в провешенном направлении отмерена от эккера нужная длина, вы, не сдвигая эккера с места и не поворачивая его (даже не дотрагивая до него, чтобы не качнуть), смотрите вдоль двух других булавок, т. е. под прямым углом к прежнему направлению (черт. 115). Поставив в этом направлении вешу, отмеряют на ней длину и концы обеих длинных линий соединяют прямой. Получается прямоугольник требуемых размеров.



Черт. 116.

Впрочем, если надо провести перпендикуляр короткий, то при некотором навыке можно сделать это без эккера, на-глаз, особенно, если линии при этом измеряются шагами, т. е. измерение вообще ведется только приблизительно.

Эккером можно воспользоваться и тогда, когда приходится мерить линию, по которой нельзя пройти с мерным шнуром. Пусть, например, требуется измерить расстояние от точки A до точки B (черт. 116); между ними лежит озеро или непроходимое болото. Ставим эккер в точке A , направляем две его булавки вдоль линии AB , а по направлению двух других, под прямым углом к AB , провешиваем (черт. 116) линию CD . В точке C под прямым углом провешиваем линию CE и отыскиваем на ней

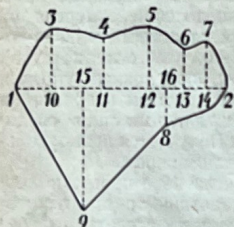
такую точку *E*, чтобы линия *BE* встречала под прямым углом линию *CD*. Это делается тоже помощью эккера; когда одна пара булавок направлена по линии *CD*, другая должна покрывать точку *B*; после нескольких проб такую точку всегда удается найти. Найдя точку *E*, измеряем расстояние *CE*: оно в точности равно тому непроходимому расстоянию *AB*, которое мы желаем определить.

Очень полезно тщательно выверить эккер, т.е. убедиться, действительно ли равны между собою его четыре угла. Для этого, расставив вехи по двум перпендикулярным направлениям, поверните эккер и посмотрите, будут ли эти направления совпадать с линиями булавок при новом положении эккера. Если нет, нужно булавки немного переместить, пока не добьетесь строгого равенства всех четырех его углов.

§ 41. Съемка плана небольшого участка.

При съемке плана небольшого участка помощью мерного шнура и эккера вы можете поступать различно, смотря по тому, какую форму имеет участок. Рассмотрим здесь несколько случаев.

1) Пусть требуется снять план участка, изображенного на черт. 117. Начинаем с того, что прошиваем через него прямую

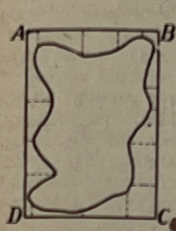


Черт. 117.

линию 1—2 (цифры здесь имеют то же значение, что и буквы) так, чтобы она прорезывала его примерно посередине. Линию эту называют „магистралью“. Потом через все поворотные точки границы — 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 — проводят прямые под прямыми углами к „магистрали“; выполняется это помощью эккера. Точки 10, 11, 12, 13, 14, 15 и 16, в которых перпендикуляры встречают магистраль, отмечают колышками. Теперь остается измерить длины всех перпендикуляров: 3—10, 15—9, 4—11, 5—12 и т. д., а также расстояния колышков 10, 15, 11 и т. д. от точки 1. Записав эти длины против линий наброска, который мы делаем попутно на бумаге на-глаз, мы имеем все данные, какие нам нужны для изготовления плана, а также для определения площади участка. Как вычерчивается план и определяется площадь по этим данным, будет объяснено далее.

2) Если надо снять план участка, внутрь которого входит нельзя, — напр., план засеянного поля или озера (черт. 118), то очерчивают его прямоугольником *ABCD* снаружи и проводят к его сторонам перпендикуляры.

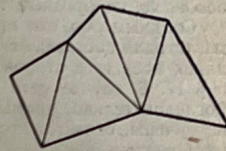
3) Бывают случаи, когда для магистральных линий удобно пользоваться не прямоугольником, а треугольником. Напр., очертив участок черт. 119 удобно изобразить на плане, если провести внутри него три линии в форме треугольника *ABC* и пользоваться этими линиями, как магистралями. Измерять углы между сторонами этого треугольника не нужно: достаточно из-



Черт. 118.



Черт. 119.



Черт. 120.

мерить лишь длину сторон, так как по трем сторонам можно построить только один треугольник.

Иногда приходится пользоваться не одним треугольником, а сеткой из нескольких треугольников (черт. 120).

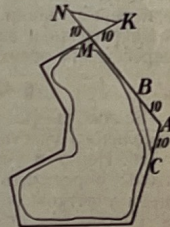
Если форма участка такова, что он плохо укладывается в рамках прямоугольника, то обчерчивают его многоугольником (черт. 121). Измерить стороны этого многоугольника недоста-

точно, чтобы иметь возможность его изчертить: необходимо знать величину углов между сторонами. Для этого отмеряют от вершины каждого угла 10 метров и затем измеряют расстояние между концами отмеренных отрезков, — как показано для угла *A* на черт. 121. Треугольник *ABC* можно будет построить так как известна длина его трех сторон. В тех случаях, когда соединительная линия не может быть промерена, откладывают 10 метров на продолжении сторон, как показано для угла *M*.

Во всех случаях у вас в руках оказывается черновой набросок участка земли с указанием величины измеренных расстояний.

Заметим еще, что когда перпендикуляры к магистралям коротки — как на черт. 118 — их проводят на-глаз, без эккера, и измеряют не мерной веревкой, а шагами.

Остается объяснить, как по полученным нами данным чертится план участка, т.е. как превратить имеющийся у вас набросок в аккуратно исполненный чертеж.



Черт. 121.

Чтобы изобразить на плане участок, показанный на черт. 117, проводят по линейке магистральную линию 1—2 и откладывают на ней, в заранее выбранном масштабе, расстояние 1—10, 1—15, 1—11, 1—12 и 1—16 и т. д., т. е. отмечают точки 10, 15, 11, 12, 16 и т. д. Через эти точки проводят, помощью чертежного треугольника, перпендикуляры и откладывают на них, в том же масштабе, расстояния: 10—3, 15—9, 11—4 и т. д. Когда это сделано, соединяют точки 1, 3, 4, 5... прямыми линиями или изогнутыми, делая изгибы такими, какими они изображены на черновом наброске; ошибка здесь может получиться лишь небольшая, потому что основные, поворотные точки границы нанесены вполне точно.

Сходным образом приходится поступать в тех случаях, когда магистрали составляют треугольник (см. черт. 119). Треугольники, длина всех трех сторон которого известна, строят, как объяснено в § 17. В случае сети из нескольких треугольников их строят последовательно, примыкая один к другому. Когда треугольники начерчены, остается только провести перпендикуляры и докончить чертеж, как объяснено было для других случаев.

В случае участка представленного на черт. 118, начинают с прямоугольника, размеры всех сторон которого известны и которые поэтому нетрудно начертить (в масштабе). А когда это сделано, намечают на сторонах точки, через которые проводят перпендикуляры, и чертят их в масштабе. Дальше поступают, как в предыдущих примерах.

В полученных нами планах изображены только границы участка. Часто бывает нужно изобразить и положение различных подробностей внутри этих границ — колодца, большого дерева на лугу, строения и т. п. Сделать это нетрудно, если выполняя измерения границ, провести от этих предметов перпендикуляры к магистрали и измерить их длину, а также расстояние от точки пересечения обеих линий.

§ 42. Измерение площади участка.

Задача съемки состоит не только в том, чтобы начертить план земельного участка, но и в том еще, чтобы определить его площадь. Нередко участок для того только и снимается на план, чтобы определить его площадь. Покажем, как определять площадь участков, обмеренных указанными выше способами.

Рассмотрим сначала участок, изображенный на черт. 117. Он распадается на 9 частей, площади которых мы умеем вычислять, — если не строго точно, то приближенно. Фиг. 1—3—10 можно принять за треугольник; его основание и высота нам известны. Далее: соседняя часть (3—10—11—4) может быть рассматриваемая как трапеция, у которой измерены параллельные стороны (3—10 и 4—11), а также и расстояние между их сторонами (10—11). Поэтому вычисление площади этой части фигуры тоже не составит труда.

Точно так же вычисляются площади прилегающих по порядку трапеций 4—11—12—5, 5—12—13—6, 6—13—14—7 и 15—9—8—16. Остальные части фигуры можно рассматривать как треугольники, для вычисления площади которых у нас тоже имеется достаточно данных.

Раз нам известна площадь каждой части фигуры, то сложив их вместе, определим площадь всего измеренного участка.

Переходя к черт. 118 видим, что здесь перед нами задача с такими же данными; только отдельных частей здесь больше. Все крайние участки надо отнять от площади наружного прямоугольника.

Площадь участка черт. 119 определяют подобным же образом. Затруднение представляет только вычисление площади треугольника ABC , так как высота его не была промерена на местности. Но мы всегда можем измерить ее на чертеже, пользуясь масштабом плана. Так же поступают и в случае сети треугольников.

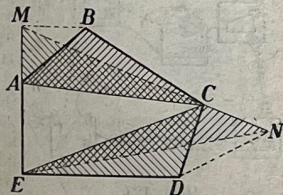
Наконец, в случае участка черт. 121 начинаем с вычисления площади охватывающего его многоугольника. Мы можем сделать это, если разобьем его диагоналями на треугольники (§ 29), определив — пользуясь масштабом плана — длину их оснований и высот.

Другой способ состоит в том, что превращают многоугольник в равновеликий ему треугольник. Делается это следующим образом.

Пусть требуется превратить многоугольник $ABCDE$ (черт. 122) в равновеликий треугольник. Проведя диагональ AC , проводят через вершину B прямую, параллельную AC , до пересечения в точке M с продолжением стороны AE ; треугольник ABC равновелик тр-ку AMC , потому что у них общее основание AC и равные высоты (§ 26). Следовательно, четырехугольник $MCDE$ равновелик пятиугольнику $ABCDE$. Затем таким же приемом превращаем $MCDE$ в равновеликий треугольник: проводим диагональ EC и через вершину D проводим DN параллельно EC до пересечения с продолжением MC в точке N . Треугольник ECD равновелик тр-ку ECN (почему?); следовательно, треугольник MNE равновелик пятиугольнику $ABCDE$. Определив теперь площадь тр-ка MNE , мы тем самым находим искомым площадь многоугольника $ABCDE$.

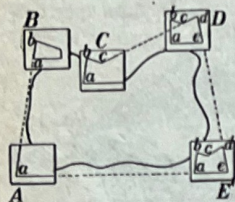
§ 43. Маршрутная съемка.

Во время экскурсий план пройденного пути зачерчивают приблизительно помощью так называемой маршрутной съемки. Производится она следующим образом.



Черт. 122.

В месте выхода из города определяют по компасу направление на ближайшую точку пути (отдаленное дерево, валун, верстовой на столб, угол здания), наносят это направление по глазомеру на столб, угол здания), наносят это направление „румп“. Идя по этому бумагу, записав при нем соответствующий „румб“. Идя по этому направлению до замеченного предмета, измеряют расстояние шагами. Отложив по произвольному масштабу (на-глаз) это расстояние по прочерченному направлению, с соответствующей числовой пометкой, определяют по компасу направление на следующий ближайший этап, измеряют расстояние шагами и т. д., отмечая все это на черновом плане. По этому наброску и сделанным пометкам (относительно направлений и расстояний) изготовляют дома более аккуратно маршрутный план экскурсии. Все замеченные по пути особые места, лежащие вне дороги, также могут быть нанесены на этот план, если были измерены направления на них из определенных точек и соответствующие расстояния.



Черт. 123.

повернув его так, чтобы вороненый конец стрелки показывал на юг. На планшет кладут трехгранную масштабную линейку, прикладывая ее край к точке, изображающей начальный пункт и направляют ее так, чтобы, глядя вдоль ее верхней грани, видеть следующий пункт пути. Когда это сделано, прочерчивают прямую линию и откладывают на ней по масштабу отрезок, отвечающий длине этой линии в натуре. Перенеся затем планшет в следующий пункт, повертывают его как и в первый раз (так что все линии планшета на новом пункте остаются параллельными тому направлению, которое они имели на прежнем). Приставив край линейки к точке, изображающей место нахождения планшета, направляют ее на ближайший следующий пункт, измерив расстояние до него, откладывают на прочерченной линии в масштабе соответственную длину, переносят планшет на четвертый пункт и т. д.

Этим приемом можно снимать не только маршруты, но и участки с несложными очертаниями, обходя его с планшетом вдоль границы. Съемка будет произведена более точно, если при этом пользоваться не планшетом, который держат в руках, а доской, устанавливаемой на треноге (такой столик называется мезулой). Переноса доску с места на место, ее располагают („ориентируют“ не по компасу, а приводят, помощью линейки, начерченные на ней линии в положение, параллельное соответствующим линиям местности. Ход работы ясен из чертежа 123.

§ 44. План реки.

Пусть наша речка извивается, как показано на черт. 124. Начиная с того, что проवेशиваем близ ее берега магистраль AB . Через каждые 5 или 10 метров вбиваем в землю колышек: из этих точек и из концов магистрали восстанавливаем перпендикуляры (можно на-глаз), и помощник измеряет длину этих перпендикуляров (можно шагами).

Затем проवेशиваем вторую магистраль BC и с ней повторяем то же самое.

Чтобы иметь возможность построить угол между обеими магистральями, измеряем расстояние между двумя колышками M и N . Так как нам известно и расстояние этих колышков от точки B , то в треугольнике MBN мы знаем длину каждой из его трех сторон. Поэтому нам нетрудно будет начертить на плане этот треугольник. Чертя план, мы изображим сначала магистраль AB и отметим на ней положение колышков. Потом начертим треугольник MBN . Продолжив сторону BN , отложим на ней длину магистрали BC и отметим на ней колышки. Таким образом мы и начертим обе магистрали под надлежащим углом одна к другой.

Но мы прервали наше измерение речки. Дойдя до точки C , проवेशиваем магистраль CE и измеряем расстояние между колышками O и P , чтобы иметь возможность построить угол C . Таким же образом поступаем у поворота E и т. д.

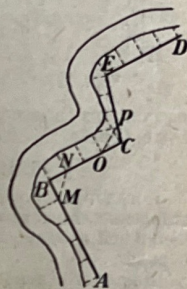
Ведя измерения, вы зарисовываете на черновом наброске все измеренные вами расстояния и записываете возле каждой линии ее длину. Зарисовывая магистральные линии, отмечая их длину и расстояния между колышками, вы одновременно (или ваш помощник) набрасываете на-глаз очертания берегов (наиболее крупные извилины) и отмечаете длину перпендикуляров к магистральным линиям.

По этим наброскам и записям расстояний нетрудно изобразить на плане один берег реки. А зная ширину речки, можно изобразить и линию противоположного берега.

Подобным образом можно снять на план также и дорогу, — вообще любой извилистый контур.

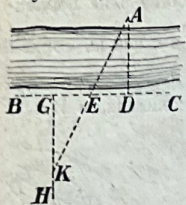
§ 45. Измерение ширины речки.

Чтобы измерить ширину речки, не переправляясь на другой берег, а оставаясь все время на одном берегу, можно поступать следующим образом.



Черт. 124.

На противоположном берегу реки (черт. 125) намечаем какой-нибудь предмет *A*, хорошо видимый с этого берега. На этом берегу проводим вдоль берега прямую линию *BC* и помощью эккера отыскиваем на этой линии точку *D* так, чтобы линия *AD* была перпендикулярна к *BC*. От точки *D* отмеряем два раза кряду какую-нибудь длину, например, 10 метров, и отмечаем концы ее какими-нибудь точками *E* и *G*. Расстояние *DE* и *EG* пусть равны 10 метрам. От точки *G* проводим линию *GH* под прямым углом к *BC*. Идя по этой линии, отыскиваем на ней такую точку *K*, глядя из которой вежа *E* кажется покрывающей точку *A*. Другими словами, вежа, установленная в точке *K*, должна быть по одной прямой с точками *E* и *A*. Нахождением этой точки наша работа кончается: расстояние *GK* равно расстоянию *AD*. Чтобы узнать теперь ширину реки, остается только вычесть из полученной длины небольшое расстояние от точки *D* до берега.



Черт. 125.

§ 46. Измерение расхода воды в речке.

Когда план реки сделан, вы, чтобы иметь о реке полное представление, можете еще определить количество воды, протекающей в ней в одну секунду, — то, что называется „расходом“ воды в реке.

Для этого понадобится сделать некоторые измерения и расчеты, которыми мы сейчас и займемся.

Для простоты сделаем сначала это не с речкой, а с канавой. Прежде всего измерим скорость течения в ней воды. Для этого отмерим вдоль нее какую-нибудь длину — например 20 метров — и у концов промеренной линии воткнем по шесту. Став у того шеста, который выше по течению, бросим в воду какой-нибудь поплавочек (закупоренную пустую бутылку с вложенным в нее листком белой бумаги), заметив этот момент по часам с секундной стрелкой. Затем, перебежав к переднему шесту, подстережем момент, когда поплавок поравняется с ним. Измерение скорости закончено; остается лишь ее вычислить. Положим, расстояние в 20 метров поплавок проплыл в 50 секунд; значит, в одну секунду вода пронесла его на 20:50, т.е. на 0,4 м, или на 40 см.

Скорость, которую мы таким образом получаем, не есть, строго говоря, та средняя скорость, с какой движутся водяные частицы в канаве: это скорость на ее большая. Ведь поплавок плыл по поверхности воды, а здесь вода пронесется быстрее, чем у дна или боков канавы, где она трется о землю и замедляет этим свое течение. Однако, разница получается небольшая, и в данном случае мы можем не принимать ее в соображение.

Итак, мы узнали, с какой скоростью движутся частицы воды, текущей в канаве. Чтобы определить число протекающих мимо нас литров воды, нужно еще определить поперечную водяную площадь, или то, что называется площадью „живого сечения“ канавы, — величину *DABC* (черт. 126). Если сечение канавы прямоугольное, то для вычисления площади живого сечения достаточно измерить ширину канавы и глубину воды в ней. Пусть ширина канавы 0,75 метра, а глубина воды 25 см, т.е. 0,25 метра. Тогда площадь живого сечения этой канавы равна $0,75 \cdot 0,25 = 0,19$ кв. м.

Нетрудно сообразить, что при скорости 0,4 метра через такое сечение каждую секунду пронесется

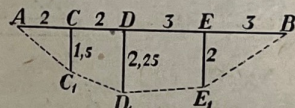
$$0,19 \cdot 0,4 = 0,076 \text{ куб. м} = 76 \text{ литров.}$$

Мы узнали, что мимо нас каждую секунду протекает в канаве 76 литров воды.

Если стенки канавы не отвесны, а наклонны, то живое сечение ее имеет форму не прямоугольника, а трапеции *DABC*,



Черт. 126.



Черт. 127.

(черт. 126). Чтобы определить площадь *DABC*, нужно измерить, кроме глубины, еще расстояние *DC* и *AB*. Найдя полусумму *DC* и *AB*, умножаем ее на глубину канавы (т.е. на высоту трапеции). Пусть *DC* = 1 метру, *AB* = 0,75 м, а глубина попрежнему 0,25 м. Тогда площадь живого сечения канавы равна $0,5 \cdot [1 + 0,75] \cdot 0,25 = 0,22$ кв. м.

При прежней скорости течения — 0,4 метра в секунду, — получаем, что через сечение каждую секунду пронесется $0,22 \cdot 0,4 = 0,09$ куб. м = 90 литров.

Количество протекающей воды принято называть расходом воды. То, что мы здесь вычисляли, есть „расход“ воды в канаве. Расход воды в речке вычисляется совершенно таким же образом.

Пусть живое сечение реки имеет форму, указанную на черт. 127: *AB* — ширина реки, *DD'* — глубина ее, измеренная в самом глубоком месте. *CC'* и *EE'* — глубины посредине между точкою *D* и берегами. Соединим точки *A*, *C*, *D*, *E* и *B* прямыми линиями. Наша задача сводится к тому, чтобы вычислить площадь фигур *A*, *C*, *D*, *E*, *B*. Фигура эта состоит из двух треугольников и двух трапеций. Определив площадь каждой из этих фигур в отдельности, найдем площадь всего живого сечения, а умножив ее на скорость течения, получим расход воды.

Заметим еще, что приемом, указанным раньше, определяется, как было уже упомянуто, не средняя скорость течения, а наибольшая, т.-е. скорость ее самых быстрых струй. В реках средняя скорость меньше этой наибольшей примерно на $\frac{1}{4}$.

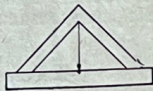
§ 47. Нивелирование.

Часто нужно бывает определить, насколько одна точка земной поверхности выше или ниже другой. Это выполняется различными приемами, носящими общее название нивелирования.

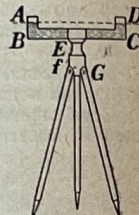
Если точки *A* и *B* (черт. 128), высоты которых сравниваются, расположены недалеко



Черт. 128.



Черт. 129.



Черт. 130.

одна от другой, то нивелирование можно выполнить помощью длинной, негнущейся планки и плотничьего ватерпаса (черт. 129). Планку кладут горизонтально так, чтобы один конец ее упирался в точку *A*, а другой подтирают отвесно поставленным колом *C*. Затем переносят планку дальше и кладут ее горизонтально так, чтобы один конец приходился у основания кола *C*, а другой опирался на новый кол. Так поступают до тех пор, пока не достигнут точки *B*, в которую должен быть вбит последний кол. Измерив тогда высоту всех кольев, складывают их и таким образом узнают, на сколько точка *A* лежит выше *B*.



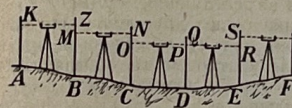
Черт. 131.

Устройством прибора несложно: две отвесные трубки, сообщающиеся посредством соединительной трубки, установлены на треноге. В трубки налита вода; так как она в обоих сосудах стоит на одинаковом уровне, то прямая *AD*, проходящая через оба уровня, должна быть горизонтальна.

Разность высот точек *A* и *B* (черт. 131) определяют помощью нивеллира так. Помещают нивеллир в промежуточную точку *C*,

а в точку *A* ставят отвесно рейку, разделенную на дециметры и сантиметры (черт. 132). Вдоль рейки ходит дощечка, которую подвигают до тех пор, пока ее средняя линия не будет видна наблюдателю у нивеллира на одной линии с обоими уровнями воды в сосудах. Заметив положение дощечки, переносят рейку в точку *B*, не изменяя положения дощечки, дощечку снова помещают на одной высоте с уровнями воды в сосудах. Разность высот дощечки покажет, насколько разнятся высоты точек *A* и *B*.

Если требуется определить высоту целого ряда точек местности (*B*, *C*, *D* на черт. 133) над или под горизонтальной плоскостью, проходящей через *A*, то поступают следующим образом. Поместив нивеллир между *A* и *B*,



Черт. 133.

находят высоту *B* над *C*. Сложив обе разницы в высотах, находим возвышение *A* над *C*. Подвигаясь таким образом дальше, мы дохо-

дим до точки *E*, которая выше предыдущей точки *D*. Ясно, что тогда надо будет соответственно уменьшить разность высот *A* и *D*, чтобы узнать возвышение точки *A* над *E*. Таким путем к концу работы определяется разности высот для всех точек нивелируемого „профиля“ *ABCDE F*.

Разность высот конечных точек *A* и *F* можно найти и не производя вычислений для каждой промежуточной точки. Обозначим положение дощечки на рейке в точке *A* через *a*; в точке *B* — через *b* при взгляде вперед и через *b*₁ при взгляде назад; в точке *C* — через *c* и *c*₁, в точке *D* — через *d* и *d*₁ и т. д. Чтобы найти разность высот *A* и *F*, мы произвели следующие действия:

$$[b - a] + [c - b_1] + [d - c_1] - [e - d_1] - [f_1 - f]$$

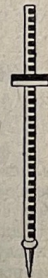
Раскрыв скобки, имеем

$$b - a + c - b_1 - c_1 + d - d_1 + e - e_1 + f$$

или

$$b + c + d + e + f - [a + b_1 + c_1 + d_1 + e_1].$$

Короче говоря, надо сложить отдельно все показания при взглядах вперед и все показания при взглядах назад, и из первой суммы вычесть вторую. В результате получим возвышение конечной точки над начальной; отрицательный результат покажет, насколько конечная точка ниже начальной.



Ч. 132.