

ЗНАНИЕ ПИОНЕРУ

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЮНЫЙ ЗЕМЛЕМЕР

«ПРИБОЙ»
ЛЕНИНГРАД



Знание—пионеру

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЮНЫЙ ЗЕМЛЕМЕР

с 26 чертежами

РАБОЧЕЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРИБОЙ“
ЛЕНИНГРАД

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ТИПОГРАФИЯ
ИМЕНИ тов. ЗИНОВЬЕВА.
Ленинград, Социалистическая, 14.

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГУБЛИТ № 15317.

Печ. 8000 экз.—2¼ л. Зак. № 2736.

1926 г

ЧЕМУ ХОЧЕТ НАУЧИТЬ ЭТА КНИЖКА?

Иные думают, что занятие землемера состоит только в том, чтобы ходить с метром и мерить землю. Это, конечно, было бы очень скучным делом, и для таких читателей книжка, с заглавием „Юный землемер“ не представляет ничего заманчивого. Другие, случайно видевшие землемеров за работой, думают, что для землемерного дела необходимы сложные инструменты с мудреными названиями. Таких читателей эта книжка скорее отпугнет, чем привлечет.

Однако, и те и другие ошибаются. Хотя наша книжка не даст им всех тех знаний, которыми обладают настоящие землемеры, все же по ней можно научиться гораздо более разнообразному и интересному делу, чем простое измерение расстояний на земле. Она учит снимать планы небольших участков земли и чертить их так, чтобы по чертежу сразу было видно, как велико на самом деле то или иное расстояние на плане. Она объясняет, как определять площадь участка любой формы; как измерять расстояния, по которым нельзя или неудобно пройти, — например ширину реки; как определять высоту дерева, не срубая его, или высоту здания, не взбираясь на его верхушку. Далее, книжка учит, как измерять скорость течения речки, количество протекающей в ней воды, и т. п. Все это такие знания и умения, которыми должен обладать каждый пионер.

Что же касается инструментов, необходимых для подобных работ, то, как увидите, мы или обойдемся вовсе без них, или же изготовим их сами.

Книжка эта требует только внимательного чтения и добросовестного исполнения того, о чем в ней говорится. Никаких познаний из геометрии или других наук она у своих читателей не предполагает.

КАК ИЗГОТОВИТЬ МЕРНЫЙ ШНУР И КАК С НИМ РАБОТАТЬ?

Для того, чтобы выполнять те землемерные работы, которые описаны в этой книжке, вы должны изготовить себе два весьма не хитрых инструмента. Первый из них — мерный шнур. Попросту говоря, это веревка в 10 метров длины, веревка, которой вы будете мерить расстояния. Настоящие землемеры пользуются для той же цели мерной цепью или мерной лентой (рулеткой), с которыми гораздо удобнее обращаться. Но для наших работ мы не станем делать никаких денежных затрат и обойдемся самодельными инструментами. При некоторой сноровке и старании можно и с такими упрощенными инструментами достигнуть достаточно хороших результатов.

Выберите хорошую крепкую веревку или толстый шнур¹ и отмерьте 10 метров его. Длину эту надо взять с запасом для глухих петель, которые устраиваются по концам шнура с таким расчетом, чтобы 10 метрам равнялось расстояние между серединами обеих петель вытянутого шнура. Петлями шнур надевается на кольца примерно в метр высоты. Концы колец заостряются, чтобы удобно было их втыкать в землю, а близ конца прибавляют или продевают поперечную палочку (или большой гвоздь), чтобы шнур не соскальзывал.

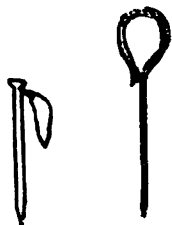
Остается отметить на 10-метровом шнуре отдельные метры. Для этого в соответствующие места шнура вплетают или вшивают кожаные полоски (концы которых можно сшить, чтобы получились колечки). Можно, конечно, отмечать метры и другим способом.



Рис. 1.
Один из
двух
колец
для мерн.
шнура.

¹ Чтобы шнур не страдал от сырости, советуют его выварить в конопляном масле, вытянуть и дважды осмолить. В продаже имеются и готовые осмоленные веревки; для мерного шнура это самые подходящие.

Принадлежностью мерного шнура являются 10 небольших заостренных колышков в 30—40 сантиметров длины. Колышки эти называют „бирками“ (рис. 2). 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 петлей. В том и другом случае бирки хранят надетыми на проволочное кольцо с простым „замком“.



Теперь у нас заготовлено все, что нужно для мерного шнура. Пора объяснить, как пользуются всеми этими принадлежностями.

Предположим, вы желаете измерить длину забора. Работу эту — как и большинство землемерных работ, — приходится выполнять вдвоем; без помощника обойтись здесь трудно. Вы втыкаете один из колец мерного шнура в землю у начала забора, а помощник ваш идет вперед, держа в руках другой кол и вытягивая шнур; когда он вытянет шнур на полную длину, он втыкает в землю у второго кола одну бирку и, предупредив вас, идет дальше. Вы вынимаете ваш кол, следуете за помощником, волочащим шнур по земле, и, дойдя до воткнутой в землю бирки, вынимаете ее, чтобы поставить на ее место ваш кол.

Здесь вы останавливаетесь и ждете, пока помощник, натянув шнур, воткнет у своего кола вторую бирку. Тогда вы снимаетесь с места и идете с помощником вперед, снова волоча шнур, вынимаете вторую бирку и т. д.

Но вот помощник ваш дошел до конца забора. Вы велите ему идти 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 вы оцениваете на глаз: полметра, четверть метра (точнее не нужно). Заметив это 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

$$7 \times 10 + 6\frac{3}{4} = 76\frac{3}{4} \text{ метра.}$$

Чтобы не просчитаться в числе целых шнуров — потому что случается ведь и забыть вынуть какую-нибудь бирку,— надо проверить, сколько бирок осталось на кольце у вашего помощника. Если ваши бирки вместе с теми, которые у него, составляют 10,—значит, все в порядке: ни одна бирка не пропущена.

КАК МЕРИТЬ ШАГАМИ?

Во время прогулок или экскурсий вам придется иной раз измерять длины, не имея под рукой своего мерного шнура. В таком случае хорошую службу сослужит вам умение мерить шагами. Эти измерения, конечно, не отличаются полной точностью,—но зачастую такая точность вовсе и не требуется, и тогда измерение шагами является вполне достаточным.

Уметь мерить шагами должен каждый пионер. Что же нужно для этого? — Во-первых, знать длину своего шага. Во-вторых, выработать себе для этого определенную „мерную“ походку, т.-е. приучить себя делать шаги одинаковой длины. В-третьих, вы должны научиться, не сбиваясь, вести счет своим шагам.

Измерение длины своего шага — дело весьма простое. Отмерив по прямой линии, скажем, 100 метров, т.-е. отложив,—например, по шоссе́йной дороге,—десять раз мерный шнур и воткнув у конечных пунктов по шести („вехе“),—идите по отмеренной линии не спеша, стараясь делать равные шаги. Сосчитайте, сколько шагов вы сделаете на этом расстоянии. Затем, записав это число, идите назад и снова сосчитайте, сколько шагов от одного конечного места до другого. Наконец, сделайте это в третий раз. Из трех полученных чисел берите среднее и делите на него сто метров: узнаете, какой длины один шаг.

Рассмотрим на примере, как делается этот расчет. Пусть вы получили при счете шагов на стометровом расстоянии:

в первый раз	136 шагов
во второй раз	141 шаг
в третий раз	139 шагов.

Сложив все числа и разделив на 3, получаете:

$$\frac{136 + 141 + 139}{3} = 138\frac{2}{3}.$$

Можете закруглить до 139. Значит, 139 наших средних шагов имеют в длину 100 метров, или 100×100 , т.-е. 10.000 сантиметров. Отсюда длина одного шага равна

$$\frac{10.000}{139} = \text{круглым числом } 72 \text{ см.}$$

Итак, длина вашего шага—72 сантиметра. Это, замечу кстати, довольно крупный шаг для ходака вашего возраста и может оказаться у вас только в том случае, если вы высокого роста.

Сделав такое измерение, надо через два-три дня проверить, всегда ли вы делаете шаги такой длины ¹. Выполняя измерение длины шага, старайтесь запомнить, какое усилие мускулов вам приходится делать при этой ходьбе. Когда придется потом мерить шагами, вы, вспомнив это усилие, будете делать шаги именно такой длины. Ошибки, конечно, возможны, даже неизбежны, но не особенно большие. К тому же, иной раз вы сделаете шаг длиннее среднего, другой раз — напротив, короче среднего, так что в общем отклонения не будут заметно влиять на результат вашей „шагомерной“ работы.

Мы сказали раньше, что нужно еще научиться вести счет шагам, т.-е. считать их так, чтобы не сбиваться в счете. Об искусстве вести счет шагов позвольте мне повторить то, что я писал в другой моей книге („Занимательная геометрия на вольном воздухе“):

„Считать шаги просто, как считают орехи и т. п.—очень неудобно: добравшись до длинных наименований, вы не будете успевать мысленно произносить числа и начнете либо сбиваться в счете, либо невольно замедлять шаги. Лучше поэтому считать шаги *парами*, через один, так что мысленно произносимые числа будут совпадать всегда с выставлением одной и той же ноги,—например, правой. Кроме того, если руки свободны, можно помочь себе применяя счет на

¹ При проверке можно изменить ход измерения, а именно: считать не число шагов в 100 метрах, а число метров в ста шагах. При этом значительно упрощаются выкладки.

пальцах. Счет пар ведут при этом только до 10. Досчитав до этого числа, загибают на левой руке первый палец, досчитав вторично до 10, загибают второй палец и т. д. Когда все пальцы этой руки будут загнуты, т.-е. после 50 пар шагов, разгибают все пальцы левой руки и загибают первый палец правой. После следующего десятка загибают снова первый палец левой руки, продолжая держать загнутым палец правой, как отметку об отсчитанных 50 парах. Загнув последовательно при дальнейшем счете все пальцы левой руки, загибают второй палец правой и, освободив пальцы левой, начинают пользоваться ими сызнова. Таким образом, можно, использовав все пальцы обеих рук, досчитать до $50 \times 5 = 250$ пар, т.-е. до 500 шагов.

„Тогда начинают счет опять, как прежде, запомнив, что 500 шагов уже пройдено. Напрактиковавшись в таком счете, можно научиться считать шаги автоматически, не отвлекаясь от наблюдения окружающего. Результат словно сам собою записывается на пальцах. Если при последнем шаге мы произносим «семь» и обнаруживаем у себя загнутыми два пальца правой руки и три левой, то нами сделано:

$$2 \times 50 + 3 \times 10 + 7 = 137 \text{ пар шагов,}$$

т.-е. 274 отдельных шага (если только нами не пройдено было раньше один или несколько раз по 500 шагов,—что запомнить нетрудно)“.

Зная длину своих шагов и умея их считать, вы можете, не делая большой ошибки, определить величину расстояний без мерного шнура. Если, например, средняя длина вашего шага 62 сантиметра, а в измеряемой длине вы насчитали 43 шага, то длина участка

$$62 \times 43 = 26 \text{ м } 66 \text{ см,}$$

или с округлением—27 метров. Округлять всегда нужно (до ближайшего целого числа метров), потому что при измерении шагами вы, конечно, не можете поручиться за его верность до отдельных сантиметров. Честнее сказать: длина равна „около 27 метров“, чем утверждать, что она *в точности* равна 26 метрам 66 сантиметрам, раз вы в этом не можете быть уверены.

КАК РАССТАВЛЯТЬ ВЕХИ?

Вам кажется, вероятно, что теперь вы уже вполне подготовлены для работы измерения любых расстояний между двумя точками. Вы пройдете по земле с мерным шнуром от одной точки до другой, или, при неимении шнура, сосчитаете, сколько шагов между ними,—и дело сделано. На практике вы, однако, очень скоро убедились бы, что это не так просто, как кажется, когда раздумываешь сидя в своей комнате за книжкой. Вообразите, в самом деле, что вам нужно измерить расстояние сотни в две-три метров на поляне, заросшей кое-где кустами, да еще, быть-может, пересекаемой в иных местах топкими низинами. Если вы пойдете по такой поляне с мерным шнуром, начав от одного конца измеряемого расстояния и направляясь к другому, то, не отложив еще и десятка шнуров, убедитесь, что далеко уклонились в сторону от требуемого направления. Вообще выдержать, не уклоняясь, прямое направление при измерении длинных расстояний на земле—не так легко, как кажется. Это совсем не то, что проводить прямые линии на бумаге по линейке или хотя бы даже на-глаз. Держаться прямой линии на земле удастся 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*. Об искусстве расставлять вехи мы сейчас и побеседуем.

Не думайте, что „веха“—какой-нибудь особенный землемерный инструмент. Это просто шест, метра два длиною, с заостренным концом для более удобного втыкания в землю. Правда, настоящие землемеры пользуются вехами, окованными у острого конца, чтобы он не размочаливался, и окрашенными попеременно, участками, в белый и черный цвета. Мы можем обойтись без этой роскоши. Надо только, чтобы веха была ровная (не кривая) и не чересчур толстая. А для лучшей видимости можно снабдить каждую веху красным флажком. Успех работы с вехами будет зависеть тогда не от скромного или нарядного вида самих вех, а от умения их расставлять,—„вешить“, как говорят землемеры.

Рассмотрим сначала простейший случай вешения,— когда надо провести длинную линию на ровной местности между двумя легко доступными точками 1 и 2 (черт. 3). Прежде всего вы устанавливаете вехи в эти крайние точки 1 и 2, заботясь о том, чтобы они стояли отвесно. Затем становитесь позади вехи 1 так, чтобы вы могли видеть перед собою сразу обе вехи 1 и 2. Помощник ваш, отойдя с несколькими вехами метров на 20—30 вперед, должен установить первую из своих вех в точке 3, между 1 и 2 так, чтобы все три вехи были на одной прямой линии. Как в этом убедиться? Очень просто: веха 3 будет на одной прямой линии с вехами 1 и 2 тогда, когда, глядя на веху 1, вы увидите, что она сразу покрывает собою обе другие вехи—



Черт. 3. Вешение. Простейший случай.

3 и 2. Если помощник ваш поставил веху не так, вы указываете ему поднятием правой или левой руки, в какую сторону он должен подвинуть свою веху.

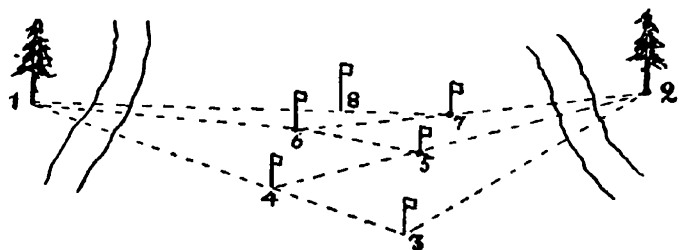
Когда первая промежуточная веха (3) поставлена, помощник ваш идет дальше и таким же образом устанавливает следующую веху—4. Теперь, глядя на веху 1, вы должны видеть ее покрывающей сразу вехи 3, 4 и 2. Если измеряемое расстояние длинно, вы ставите затем 5-ю веху, 6-ю и т. д.

Измерение шнуром или шагами такого „провешенного“ расстояния значительно облегчается: вы идете с мерным шнуром от вехи к вехе, как раньше шли вдоль забора. Опасность сбиться в сторону почти отпадает.

Мы рассмотрели самый простой, а потому и самый легкий случай „вешения“. Но возможны и более сложные случаи. Бывает, например, что обе конечные вехи 1 и 2 недоступны для мерщиков—установлены, скажем, за речками; они хорошо видны, но к ним не подобраться. Как в этом случае расставить промежуточные вехи между 1 и 2?

Надо поступать так (черт. 4). В какой-нибудь точке близ прямой 1—2 ставим веху 3. Затем между вехой 3 и 1 уста-

навливаем на прямой 3—1 веху 4: это нам удобно сделать, потому что веха 3 доступна. Потом на прямой 4—2 ставим веху 5. Между 5 и 1 помещаем веху 6, между 6 и 2—веху 7, между 7 и 1—веху 8 и т. д. Подвигаясь постепенно таким образом все ближе и ближе к прямой 1—2, мы, наконец,

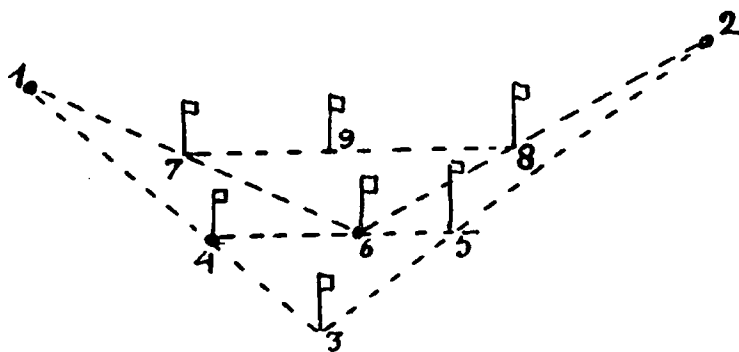


Черт. 4. Вешение, когда конечные точки недоступны.

разместим последнюю пару вех как раз на этой прямой. А имея две доступные вехи, нетрудно уже расставить и сколько угодно других.

Сходным образом поступают и в том случае, когда между конечными точками 1 и 2 расположена горка, так что, стоя у одного конца линии, нельзя видеть другого. Здесь размещают вехи в таком порядке (рис. 5). Сначала ставят веху 3, потом между 1 и 3—веху 4, а между 3 и 2—веху 5. Между 4 и 5 устанавливают веху 6 и с нею повторяют то, что делали с вехой 3,—

т. е. ставят на линии 6—1 веху 7, а между 6 и 2—веху 8. Затем между 7 и 8 ставят веху 9—и так постепенно подвигаются к прямой 1—2, пока, наконец, не очутятся на ней с последней парой вех.

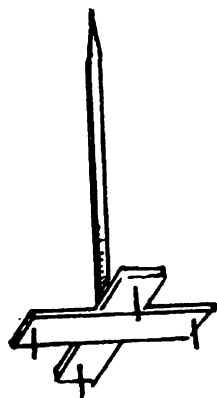


Черт. 5. Вешение через горку.

Нельзя предусмотреть заранее всех случаев провешивания линий, какие могут встретиться при выполнении землемерных работ. Но при некоторой сноровке и сообразительности вы и сами догадаетесь, как выпутаться из тех или иных непредвиденных затруднений. Не будем поэтому больше останавливаться на вешении линий, а перейдем к дальнейшему.

ЧТО ТАКОЕ ЭККЕР И КАК ИМ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ?

Теперь, когда вы умеете мерить расстояния, даже сравнительно большие, шнуром или шагами, вам, конечно, не терпится приступить к изготовлению плана какого-нибудь участка земли. Но придется еще немного подождать с этим. Землемеры ведь мерят не только расстояния: они измеряют и углы между направлениями. Я не могу предполагать у вас ни искусства смастерить себе угломерный инструмент, ни тех познаний по математике, которые нужны, чтобы им пользоваться. К счастью, нам этого и не потребуется. Среди различных способов вести работу по измерению земли (а ее можно вести на разные лады), существует и такой, который для обмера небольших участков обходится без измерения углов. Но все же и этот простейший способ требует умения проводить (т.-е. провешивать) на земле линии под прямым углом одна к другой. Такие линии, составляющие прямой угол между собой, называются „перпендикулярными одна к другой“ (или, короче—„перпендикулярами“). Перпендикулярные линии проводят на земле при помощи весьма простого инструмента, который называется „эккером“. Это—второй из тех двух инструментов, которые, как я говорил в самом начале книжки, понадобятся нам для наших землемерных работ. Первый инструмент— мерный шнур с кольями и бирками; второй— эккер.

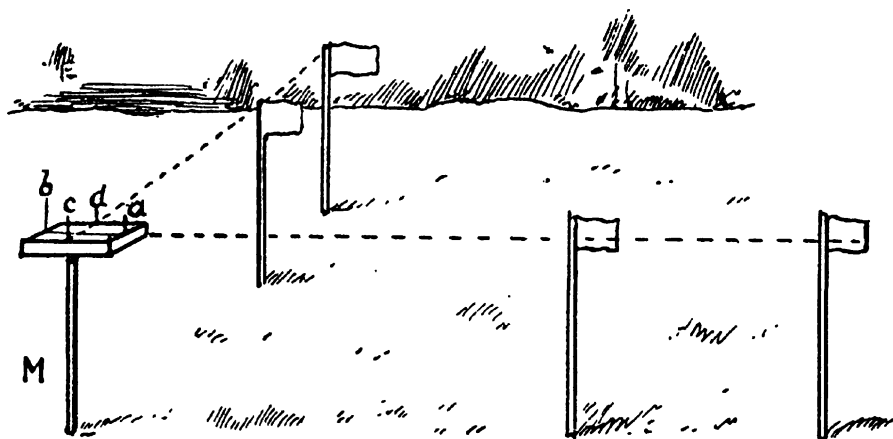


Черт. 6. Эккер.

Эккер—это две деревянные планки, скрепленные накрест и установленные на заостренной палке (черт. 6). На планках имеются 4 тонких иглы¹, воткнутые у краев планок так, что линии, соединяющие противоположные иголки, пересекаются между собою под прямым углом. Это показано на прилагаемом чертеже 6-м. Я уверен, что, поняв устройство эккера, вы сможете смастерить его сами. К тому же,

¹ Для этого годятся и те длинные тонкие булавки, которые употребляются для накалывания насекомых в коллекциях.

его можно и еще более упростить. Нет надобности делать его непременно из двух 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 нехитрое. 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, перекрещивающиеся под прямым углом. Расправьте этот листок на доске эккера и воткните булавки в линии сгиба, близ краев. Теперь можете бумажку убрать.



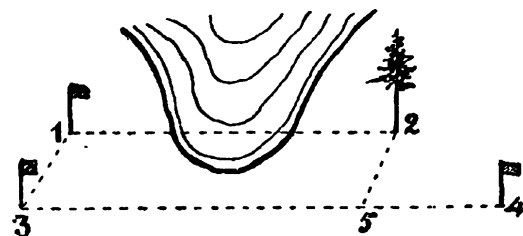
Черт. 7. Работа с эккером.

Ваш самодельный эккер готов. Он не так наряден и удобен, как покупной, употребляемый настоящими землемерами, но для тех скромных работ, которые мы будем выполнять, он достаточно пригоден.

Как же пользоваться эккером? Предположим, вы хотите аккуратно отмерить на земле площадку для тенниса. Это должен быть, как вы, конечно, знаете, четырехугольник с прямыми углами, метров 35 длины и 15 ширины.

Помощью эккера вы сделаете это очень быстро и удобно. Воткнув его заостренный конец 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. 7). Помощь

ник, по вашему указанию, ставит одну или две вехи как раз на этой линии, т.-е. так, чтобы булавки покрывали расставляемые вехи. Когда это сделано и в провешенном направлении отмерена от эккера нужная длина, вы, не сдвигая эккера с места и не поворачивая его (даже не дотрагиваясь до него, чтобы не качнуть), смотрите вдоль двух других булавок, т.-е. под прямым углом к прежнему направлению (черт. 7). Поставив в этом направлении веху, отмеряют требуемую ширину площадки, в конце линии тем же способом проводят под прямым углом новую линию, отмеряют на ней длину и концы обеих длинных линий соединяют прямой. Получается аккуратный, не перекошенный „прямоугольник“, т.-е. четырехугольник с прямыми углами (два прямых угла были отмерены, а два остальных должны получиться сами собой).



Черт. 8. Как помощью эккера измерить расстояние 1—2 через озеро.

На этом примере мы видели, как пользуются эккером для проведения на земле линий, встречающихся под прямым углом. Впрочем, если надо провести „перпендикуляр“ короткий, то при некотором навыке можно сделать это на-глаз,—особенно, если линии при этом измеряются шагами, т.-е. измерение вообще ведется не вполне точно, а только приблизительно.

Между прочим, эккер может сослужить хорошую службу, когда приходится мерить линию, по которой нельзя пройти с мерным шнуром. Пусть, например, требуется измерить расстояние от точки 1 до точки 2 (черт. 8); между ними лежит озеро или непроходимое болото. Как быть? Эккер нас выручает здесь с большим успехом. Ставим его в точке 1, направляем две его булавки вдоль линии 1—2, а по направлению двух других, под прямым углом к 1—2, провешиваем (черт. 8) линии 1—3. В точке 3 под прямым углом к 1—3 провешиваем линию 3—4 и отыскиваем на ней, между вехами 3 и 4 такую точку 5, чтобы линия 2—5 встречала под прямым углом линию 3—4. Это делается тоже помощью эккера: когда одна пара булавок направлена по линии 3—4,

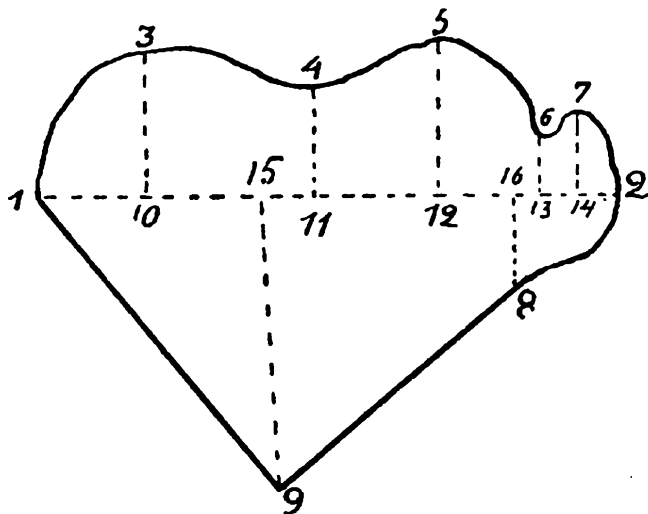
.....

другая пара должна прикрывать точку 2; после нескольких проб такую точку всегда удастся найти. Найдя точку 5, измеряем расстояние 3—5: оно в точности равно тому непроходимому расстоянию 1—2, которое мы желаем определить.

Итак, вы обладаете эккером и умеете с ним обращаться. Теперь вы достаточно вооружены, чтобы приступить к с'емке плана. Сейчас мы этим и займемся. Но прежде советую вам хорошенько выверить ваш самодельный 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.

С'ЕМКА ПЛАНА НЕБОЛЬШОГО УЧАСТКА.

Приступим же к главной работе юного землемера — к с'емке плана небольшого участка. Говорю „небольшого“, потому что с



Черт. 9.

теми упрощенными инструментами и теми скромными познаниями, которыми вы владеете, нельзя хорошо снять план обширного участка.

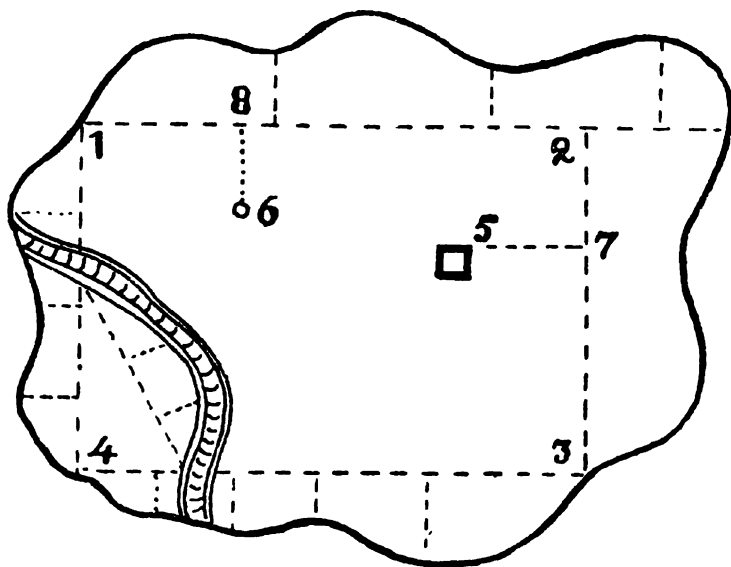
При с'емке плана небольшого участка помощью мерного шнура и эккера вы можете поступать различно, смотря по тому, какую форму имеет участок. Мы рассмотрим здесь по-

этому несколько случаев. Начнем, конечно, с простейшего.

1. Пусть требуется снять план участка, изображенного на черт. 9. Начинаем с того, что провешиваем через него

.....

прямую линию 1—2 так, чтобы она пререзывала его примерно посередине. Линию эту называют „магистралью“. Потом через все поворотные пункты границы — 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9—проводят прямые под прямыми углами к „магистральной“, выполняется это помощью эккера. Точки 10, 11, 12, 13, 14, 15 и 16, в которых перпендикуляры встречаются 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

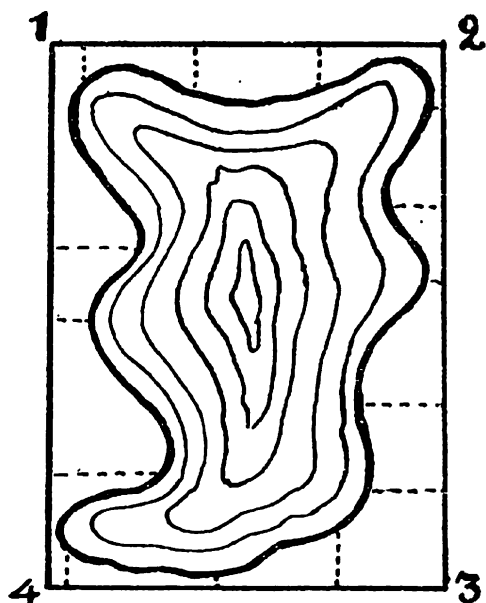


Черт. 10.

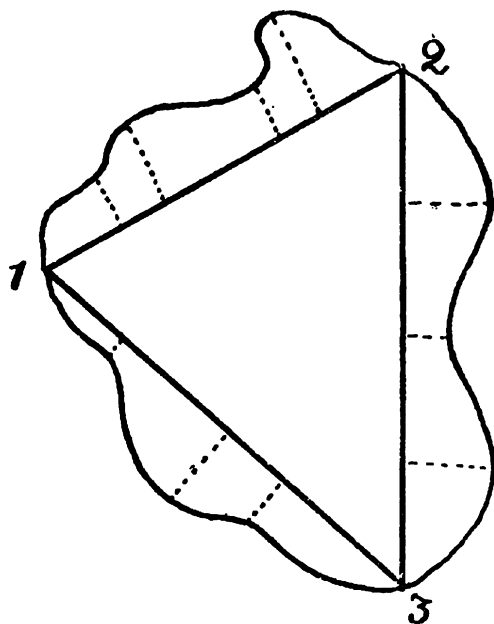
точки 1. Записав эти длины против наброска, который мы делаем попутно на бумаге на-глаз, мы имеем все данные, какие нам нужны для изготовления плана, а также для определения площади участка. (Как вычерчивается план и определяется площадь по этим данным, будет объяснено в следующих главах).

2. Требуется снять план участка, изображенного на черт. 10. Здесь тоже, конечно, можно было бы провести магистраль и поступать, как в предыдущем случае,—но это неудобно, потому что пришлось бы мерить очень длинные перпендикуляры, а это отняло бы слишком много времени. Поэтому поступают иначе. Проводят внутри участка близ

краев его 4 линии 1—2, 2—3, 3—4 и 4—1 под прямыми углами одна к другой, так, как мы делали, когда строили прямоугольник для тенниса (стр. 14). Каждая из этих линий послужит магистралью для прилегающей к ней части границы. Какие измерения нужно здесь сделать, вы, конечно, сообразите сами. (О подробностях—5 и 6—внутри плана и о дороге, начерченной в его левом углу, будет сказано позднее).



Черт. 11.



Черт. 12.

3. Если надо снять план участка, внутрь которого войти нельзя,—напр., план засеянного поля или озера (черт. 11), то обчерчивают его прямоугольником снаружи и проводят к его сторонам перпендикуляры.

4. Бывают случаи, когда для магистральных линий удобно пользоваться не прямоугольником, а треугольником. Напр., очертания участка черт. 12 удобно изобразить на плане, если проведешь внутри него три линии в форме треугольника 1—2—3 и пользоваться этими линиями, как магистралями. Измерять углы между сторонами этого треугольника не

.....

нужно: мы убедимся позднее, что вполне достаточно измерить только их длину.

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. 10, 11, 12,—то проводят их на-глаз, без эккера, и измеряют не мерной веревкой, а шагами.

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

ЧТО ТАКОЕ МАСШТАБ.

Начертить план участка—значит изобразить его на бумаге в уменьшенном виде. Но чтобы план получился вполне похожим, надо уменьшить все расстояния участка в одинаковое число раз. Всего проще достигнуть этого, если при черчении плана заменять, например, каждую сотню метров участка одним сантиметром. Тогда, очевидно, все размеры участка будут уменьшены на плане во столько раз, во сколько раз сантиметр меньше 100 метров,—в 10.000 раз. Про такой план говорят, что он исполнен „в одну 10.000-ую долю натуральной величины“, или: „в масштабе $\frac{1}{10.000}$ “, или: „в масштабе 100 метров в одном сантиметре“. Последнее выражение означает, что в каждом сантиметре плана содержится на самом деле 100 метров.

План, исполненный в указанном масштабе, очень мал; если ширина участка, например, 500 метров, то на таком плане ширина его—всего 5 сантиметров. Но от нас зависит выбрать для чертежа более крупный масштаб. Мы можем, например, изображать 100-метровое расстояние не одним сантиметром, а двумя, четырьмя, пятью сантиметрами. Тогда план будет выполнен в масштабе:

100 метров в 2 см, или 50 м в 1 см,
100 метров в 4 см, или 25 м в 1 см,
100 метров в 5 см, или 20 м в 1 см.

В первом случае мы имеем $\frac{1}{5.000}$ натуральной величины, во втором— $\frac{1}{2.500}$, в третьем— $\frac{1}{2.000}$. Это уже достаточно

.....

крупные планы: при масштабе $\frac{1}{2.000}$ ширина участка в 500 метров изобразится на бумаге шириною в 25 сантиметров. Выбор масштаба зависит от того, какой величины измеряемый участок и какие размеры имеет лист бумаги, на котором вы собираетесь чертить план.

КАК НАЧЕРТИТЬ ПЛАН?

Нам остается досказать уже немного, чтобы объяснить, как чертят план измеренного участка.

Чтобы изобразить на плане участок, показанный на черт. 9, проводят по линейке магистральную линию 1—2 и откладывают на ней, в заранее выбранном масштабе, расстояния 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 контура¹ нанесены вполне точно.

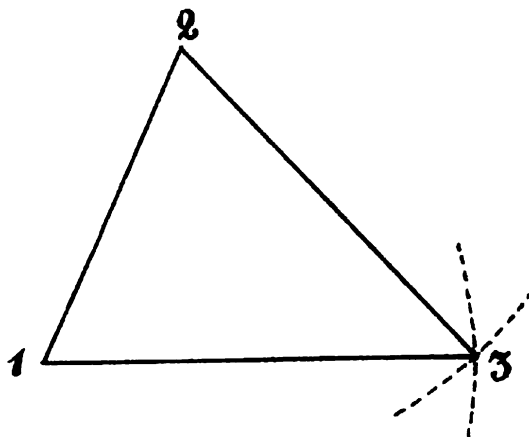
В случае участка, представленного на черт. 10, начинают с внутреннего прямоугольника, размеры всех сторон которого известны и которые поэтому нетрудно начертить (в масштабе). А когда это сделано, намечают на его сторонах точки, через которые проведены перпендикуляры, и чертят их в масштабе. Дальше поступают, как в предыдущем примере.

Иначе приходится поступать в тех случаях, когда магистрали составляют треугольник (см. черт. 12). Треугольник, длина всех трех сторон которого известна, чертят так. Изображают на бумаге одну какую-нибудь ее сторону, например, 1—2, т.-е. чертят линию, длина которой в масштабе соответствует линии 1—2 земельного участка (черт. 13). Затем, поставив одну ножку циркуля в точку 1, раздвигают концы

¹ „Контуром“ фигуры называют ее наружные очертания.

его на величину стороны 1—3 (в масштабе) и проводят около точки 1, как вокруг центра, часть окружности. Потом раздвигают концы циркуля на величину 2—3 и проводят дугу около точки 2, как вокруг центра. Там, где обе дуги пересекутся, и будет лежать точка 3. Соединив ее с точками 1 и 2, получим требуемый треугольник. Когда он у вас начерчен, остается только провести перпендикуляры и докончить чертеж, как об'яснено было для других случаев.

В полученных нами планах изображены были только *границы* участка. Конечно, это самое важное в плане. Но все же 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



Черт. 13.

от этих предметов перпендикуляры к магистрали и измерить их длину, а также расстояние до точки пересечения обеих линий. Например, чтобы нанести на план (черт. 10) положение колодца 5 и дерева 6, достаточно измерить длины перпендикуляров 5—7 и 6—8, а также расстояний 2—7 и 1—8.

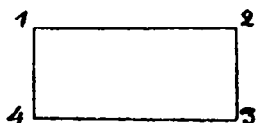
Как поступают, когда надо нанести на план дорогу,—нетрудно догадаться, рассмотрев внимательно левый нижний угол чертежа 10.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ПЛОЩАДЯХ ФИГУР.

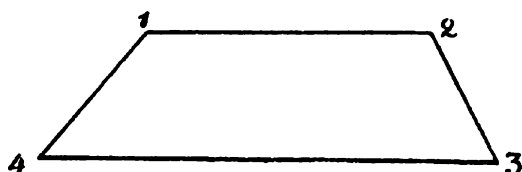
Задача землемера состоит не только в том, чтобы начертить план земельного участка, но и в том еще, чтобы определить его площадь, т.-е. узнать, сколько в нем гектаров. Нередко участок для того только и снимается на план, чтобы определить величину его площади. Поэтому и вам надо уметь определять площади участков, обмеренных указанными раньше способами.

Нам придется для этого научиться раньше определять площади простейших фигур, т.-е. сделать маленькую экскурсию в область геометрии. Вы убедитесь, впрочем, что необходимые сведения очень несложны и легко запоминаются.

Вы знаете, что такое прямоугольник:—четыреугольник с прямыми углами. Умеете вы, без сомнения, и вычислять



Черт. 14. Прямоугольник.

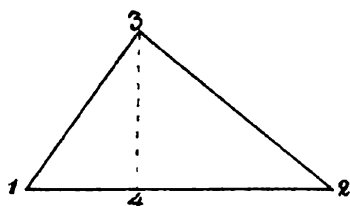


Черт. 15. Трапеция.

площадь такой фигуры: надо (черт. 14) умножить его длину (1—2) на ширину (1—4), или, как говорят в геометрии,— „основание“ на „высоту“. Если основание (1—2) заключает 60 метров, а высота (1—4) равна 24 метрам, то площадь нашего прямоугольника равна:

$$60 \times 24 = 1.440 \text{ квадратных метров.}$$

Вторая фигура, площадь которой мы должны уметь вычислять, это так называемая „трапеция“ (черт. 15). Под трапецией разумеют такой четырехугольник,



Черт. 16. Треугольник и его высота.

в котором только две противоположные стороны (1—2 и 4—3) параллельны, т.-е. всюду одинаково удалены одна от другой, другая же пара сторон (1—4 и 2—3) непараллельны. Площадь такой фигуры вычисляют следующим образом: узнают полусумму параллельных сторон и умножают ее на расстояние между ними. Если, например, длинная параллельная сторона 7 метров, противоположная—5 метров, а расстояние между ними—3 метра, то площадь такой трапеции равна:

$$\frac{7 + 5}{2} \times 3 = 18 \text{ кв. м.}$$

Вы видите, что для определения площади трапеции не приходится вовсе измерять ее боков (непараллельных сто-

.....

рон), а надо только знать длину обеих параллельных сторон и расстояние между ними.

Наконец, третья фигура, площадь которой нам надо уметь определять,—это треугольник (черт. 16). Но, в сущности, мы уже знаем, как это делать. В самом деле: ведь треугольник можно рассматривать, как трапецию, у которой короткая параллельная сторона сократилась до нуля. На черт. 16 мы можем назвать любую сторону, например, 1—2, длинной параллельной стороной трапеции, точку 3—ее короткой стороной, а стороны 1—3 и 3—2—боками трапеции. Площадь трапеции равна полусумме параллельных сторон, умноженной на расстояние между ними. В случае треугольника полусумма двух сторон превращается в половину одной стороны (безразлично какой), а расстояние между параллельными сторонами — в расстояние от этой стороны до противоположной вершины. Отсюда получается правило определения площади треугольника: надо умножить половину одной стороны на расстояние от нее до противоположной вершины. Если в нашем треугольнике длина стороны 1—2 равна 16 метрам, а расстояние 2—4 равно 5 метрам, то площадь треугольника равна:

$$8 \times 5 = 40 \text{ кв. метрам.}$$

Наша беглая экскурсия в область геометрии кончена. С этими знаниями мы сможем уже вычислить площадь измеренного нами участка.

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ПЛОЩАДЬ ИЗМЕРЕННОГО УЧАСТКА?

Возвратимся снова к тем участкам, которые мы мысленно измеряли и фигуры которых изображены на черт. 9—12. Как вычислить их площадь?

Рассмотрим участок, изображенный на черт. 9. Он состоит из 9 частей, площади которых мы уже умеем вычислять. В самом деле: что такое фигура 1—3—10? Это—приблизительно треугольник, в котором мы знаем длину одной стороны (1—10) и расстояние от этой стороны до противоположной вершины (3—10). То и другое у нас промерено, и если умножим половину первого числа на второе, то узнаем площадь этой части фигуры.

.....

Далее: соседняя часть (3—10—11—4) может быть рассматриваема 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 для вас большого 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 вы знаете площадь каждой части фигуры, то, сложив их вместе, определите площадь всего измеренного участка.

Переходя к черт. 10, вы видите, что здесь перед вами задача с такими же данными; только отдельных частей здесь больше, да прибавляется еще фигура, которой в предыдущем случае у нас не было: внутренний прямоугольник. Само собою разумеется, что это по существу ничего не меняет.

На черт. 11 изображена фигура, площадь которой вы теперь легко сможете определить, если найдете площадь прямоугольника 1—2—3—4 и *отнимете* от нее сумму площадей всех прилегающих к нему маленьких участков.

Еще меньше затруднений представит для вас вычисление площади участка, изображенного на черт. 12.

Как видите, нет ничего особенно трудного в определении площади участка, какую бы неправильную форму он ни имел. Приходится только делать много промеров да умножать и складывать много чисел. Но это требует лишь терпения и усердия, которых у вас, я уверен, достаточно.

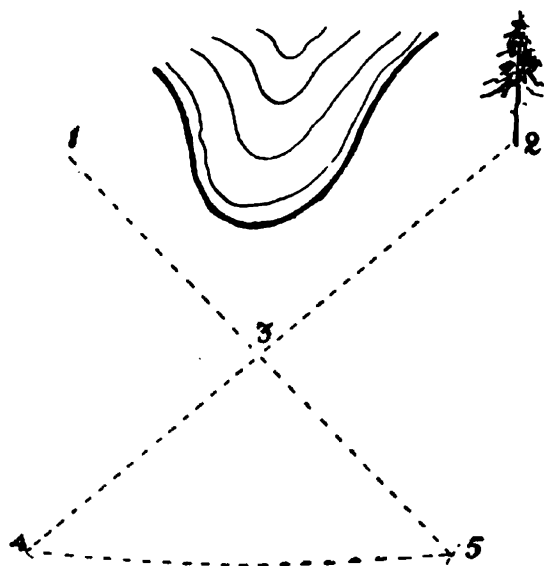
Обратим внимание юного землемера, не знакомого с геометрией, на одно свойство фигур. В квадратном метре, вы знаете, 10.000 кв. сантиметров; значит, стороны квадрата мы удлиними в 100 раз, а площадь, как видите, увеличилась в 100×100 раз. Точно так же в квадратном километре 1.000×1.000 квадратных метров и т. п. Правило это справедливо не только для квадратов, но и для всяких фигур, имеющих одинаковую форму, но различную величину. Следовательно, это правило применимо и к тем двум фигурам, которые представляют собою измеряемый участок и его план. Ведь здесь у нас тоже имеются фигуры, одинаковые

по форме, но различные по величине. И если все линии плана меньше линий самого участка, например, в 200 раз, то площадь плана будет меньше площади участка не в 200 раз, а в 200×200 , т.-е. в 40.000 раз. Это непременно надо уяснить себе, чтобы не делать грубых ошибок при сравнении площади плана с площадью того участка, который он изображает.

НЕДОСТУПНЫЕ РАССТОЯНИЯ И ВЫСОТЫ.

Раньше (стр. 15) нам уже пришлось, при случае, объяснить, как можно измерить такое расстояние, по которому пройти нельзя, а доступны только его начало и конец. Мы разрешили тогда эту задачу помощью эккера. Покажем теперь, что ту же задачу можно решить и без эккера.

В самом деле, установим (черт. 17) вежу в такой точке 3, из которой можно промерить расстояние 1—3 и 2—3. Затем, продлив линию 2—3 за вежу 3, отмерим от вежи 3 расстояние 3—4, равное расстоянию 2—3. Точно так же, продлив линию 1—3 за вежу 3, отмерим на ней расстояние 3—5, равное 1—3. Расстояние 4—5 и будет равно тому расстоянию 1—2, которое мы не могли измерить прямо.



Черт. 17. Как без эккера измерить расстояние 1—2 через озеро.

Почему именно при этом должно получиться так, что расстояние 4—5 равно 1—2,—наш читатель узнает тогда, когда будет изучать геометрию. Поймет он тогда и правильность других способов, описанных в этой главе „без доказательств“. Разумеется, и кроме этого он попутно узнает много полезного и поучительного.

Но вернемся к нашим измерениям. Может случиться, что местность не дает достаточно простора для треугольника

3—4—5. Тогда можно откладывать за вехою 3 не целые расстояния 2—3 и 1—3, а их половины, третьи части, четверти. Но тогда и расстояние 4—5 будет составлять только половину, третью часть или четверть расстояния 1—2; чтобы узнать, как велико расстояние 1—2, нам надо будет в этом случае расстояние 4—5 умножить на 2, на 3 или на 4.

Черт. 18. Измерение ширины реки.

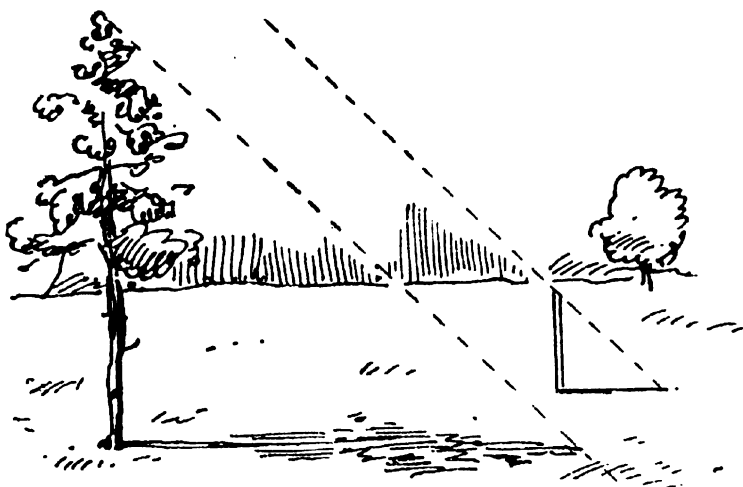
Со временем, когда у вас будет больше геометрических сведений, вы узнаете, как можно измерять расстояния, у которых недоступны ни тот ни другой конец. Сейчас нам

один конец, а противоположный лежит, скажем, за рекой.

.....

придется ограничиться сказанным и перейти к измерению недоступных *высот*.

Вы желаете узнать, какой высоты дерево, одиноко стоящее на лугу. Если дело происходит в ясный, солнечный день и при том на ровном месте, то задача ваша может быть разрешена очень просто. Вы можете воспользоваться следующим свойством теней: при солнечном освещении тень тем длиннее, чем выше предмет, который эту тень отбрасывает. Воткните в землю отвесно шест и измерьте, какой высоты та часть, которая возвышается над землей (черт. 19).

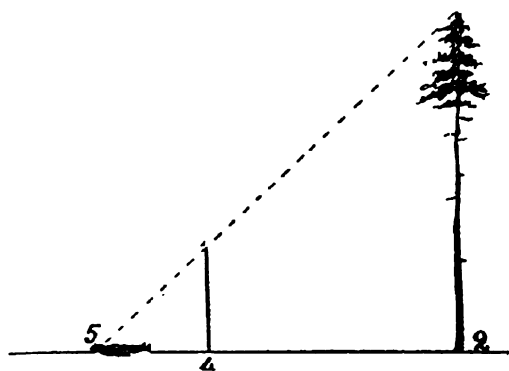


Черт. 19. Измерение высоты дерева по тени.

Удобнее, если эта часть имеет целое число метров — один, два, три. Теперь измерьте обе тени—от шеста и от дерева. Во сколько раз тень дерева длиннее тени шеста, во столько раз и само дерево выше шеста. Если, например, тень двухметрового шеста — 3 метра, а тень дерева 45 метров, т.-е. в 15 раз длиннее, то и дерево в 15 раз выше двухметрового шеста; отсюда определяем его высоту: $2 \times 15 = 30$ метрам.

Но не всегда небо бывает безоблачно; приходится измерять высоты и в пасмурные дни. Кроме того, точно измерить длину тени нельзя, так как края ее размыты и не четки. Как же обойтись без тени? Есть много способов. Укажем два из них.

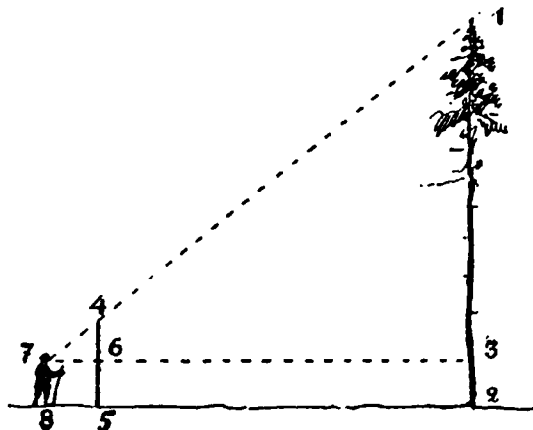
Отойдите от дерева на некоторое расстояние,—примерно на такое, которое, по вашему мнению, равно высоте дерева; ошибка в этом никакого значения иметь не будет. Воткните отвесно в землю, как раньше, шест определенной длины,



Черт. 20. Измерение высоты дерева в пасмурный день.

затем ложитесь на землю, ногами по направлению к шесту, и глядите на верхушку шеста. Вы должны, после ряда проб, отыскать такое место на земле, чтобы верхушка шеста казалась вам как раз покрывающей верхушку дерева (черт. 20). Когда это место найдено, помощник ваш измеряет расстояние от ваших глаз до основания шеста, и вы можете встать. Измерьте еще расстояние от шеста до дерева. Теперь у вас имеются данные, достаточные для решения задачи. Вычисление высоты дерева основано на следующем: дерево во столько раз выше шеста, во сколько раз расстояние от ваших глаз до дерева (5—2) длиннее расстояния от глаз до шеста (5—4). Так как последние два расстояния были вами измерены, а высота шеста известна, то вычисление высоты дерева является уже простой арифметической задачей.

Укажем, наконец, способ измерения высоты дерева не ложась на землю—потому что предыдущий способ не всегда удобен для выполнения (например, на топкой местности). Вы и на этот раз должны запастись шестом, только более длинным,—во всяком случае выше вашего роста. Установив шест отвесно на некотором расстоянии от дерева (черт. 21),

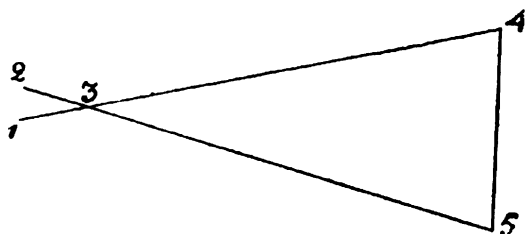


Черт. 21.

вы отходите от него на такое расстояние, чтобы видеть верхушку 4 шеста совпадающей с верхушкой 1 дерева. Найдя такую точку 8, вы отмеряете расстояние 8—5 и 8—2. Кроме того, вы должны знать свой собственный рост и высоту шеста 4—5.

Вычисление высоты дерева производится в сущности так же, как и в предыдущем случае, только от высоты дерева и от длины шеста надо предварительно отнять высоту вашего роста 7—8 (ему равны расстояния 6—5 и 3—2). Тогда окажется, что часть дерева 1—3 во столько же раз больше части шеста 4—6, во сколько раз расстояние от вас до дерева (8—2) больше расстояния от вас до шеста (8—5).

В заключение нашей краткой беседы об измерении недоступных расстояний и высот укажем на удобный способ приближенной оценки размеров или расстояния отдаленного предмета.



Черт. 22.

Вытянув вперед руку, смотрят (рис. 22) на выставленный палец (3) сначала правым глазом (1), затем левым (2). В первом случае палец покрывает точку 4 предмета, во втором — точку 5. Тогда окажется, что размер предмета (4—5) во столько раз больше расстояния между зрачками глаз (1—2), во сколько раз расстояние от пальца до предмета больше расстояния от пальца до глаз. Но расстояние между зрачками глаз нетрудно у себя измерить; расстояние от глаза до пальца вытянутой руки также легко определить. Неизвестны только величина предмета и расстояние от пальца до предмета. Зная одно из этих расстояний, мы можем определить другое. Пусть, например, мы видим издали железнодорожный поезд, и расстояние 4—5 есть длина $2\frac{1}{2}$ вагонов: считая длину вагона по 8 метров, имеем, что расстояние 4—5 равно $8 \times 2\frac{1}{2} = 20$ метрам, или 2.000 см. Если расстояние между нашими зрачками (1—2) равно 6 сантиметрам, а расстояние от глаза до пальца 60 сантиметрам, то из пропорции

$$2000 : 6 = (\text{неизвестное расстояние}) : 60$$

находим неизвестное расстояние от пальца до поезда; оно равно 200 м.

Итак, поезд находится от вас в расстоянии 200 метров. После того, что вы узнали в этой главе, вам покажется, вероятно, не столь удивительным, что ученые сумели измерить расстояние между земным шаром и Луной или Солнцем, хотя никто из них не добирался еще ни до Луны, ни до Солнца.

КАК СНЯТЬ ПЛАН РЕЧКИ И ИЗМЕРИТЬ ПРОТЕКАЮЩУЮ В НЕЙ ВОДУ?

Сначала займемся первой задачей—съемкой речки. Пусть наша речка извивается, как показано на черт 23. Начинаем с того, что провешиваем близ ее берега магистраль 1—2. 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 провешиваем вторую магистраль 2—3, чтобы с ней повторить, конечно, то же самое. Но вот вопрос: как мы на плане проведем эту вторую магистраль? Для этого ведь нам необходимо знать, какой угол она составляет с первой магистралью, а углов мы мерить не умеем; у нас нет даже угломерного инструмента.

Из этого затруднения мы выходим следующим образом: измеряем расстояние между двумя колышками 6 и 7. Так как нам известно и расстояние этих колышков от точки 2, то в треугольнике 6—2—7 мы знаем длину каждой из его трех сторон. Поэтому нам нетрудно будет начертить на плане этот треугольник,—по способу, объясненному на стр. 21. Значит, чертя план, мы изобразим сначала магистраль 1—2 и отметим на ней положение колышков. Потом начертим треугольник 6—2—7. Продолжив сторону 2—7, отложим на ней длину магистрали 2—3 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 3, провешиваем магистраль 3—4 и измеряем расстояние между колышками 8 и 9, чтобы иметь возможность правильно расположить ее на плане. Таким же образом поступаем у поворота 4, и т. д.

Ведя с помощником измерения, вы зарисовываете на черновом наброске все измеренные вами расстояния и записываете возле каждой линии ее длину. Эту работу вы должны распределить между собою и вашим помощником. Вы зарисовываете только магистральные линии, отмечая их длину и расстояния между колышками. А помощник зарисовывает на глаз очертания берегов (наиболее крупные извилины) и отмечает длину перпендикуляров к магистральным линиям.

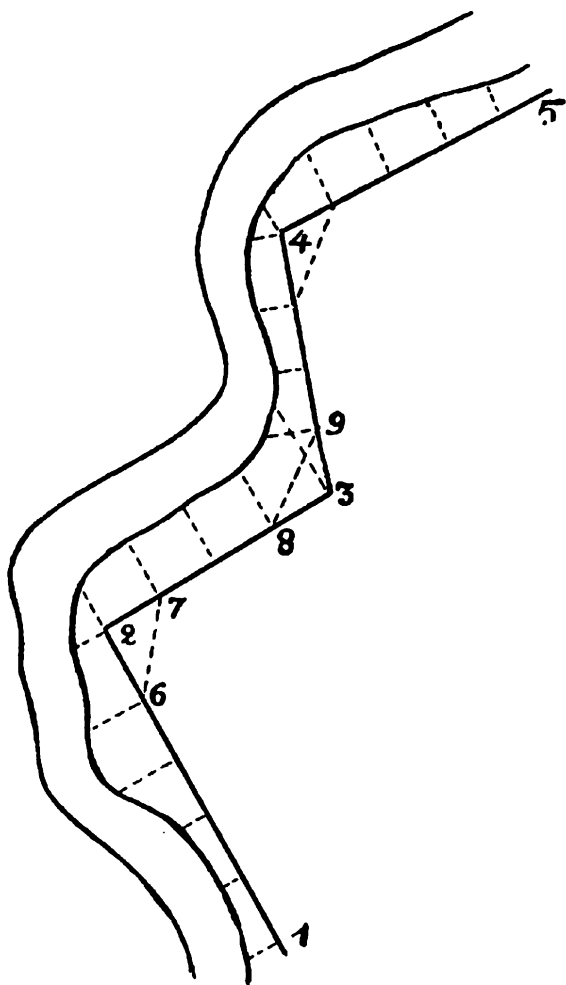
По этим наброскам и записям расстояний нетрудно изобразить на плане один берег реки. А зная ширину речки (как определить ее—мы объяснили в предыдущей главе), можно изобразить и линию противоположного берега.

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

Когда план реки сделан, вы, чтобы иметь о реке полное представление, должны еще определить количество воды, протекающей в ней в одну секунду или минуту. Дру-

гими словами, вы должны узнать, много ли воды протекает мимо вас каждую минуту. Сколько, примерно, ведер или литров? Во сколько времени протекает мимо вас сотня кубических метров воды?

Чтобы ответить на эти вопросы, понадобится сделать некоторые измерения и расчеты, которыми мы сейчас и зай-



Черт. 23.

.....

мемся. Для простоты сделаем сначала все это не с речкой, а с канавой, где производить измерения, конечно, удобнее и легче.

Прежде всего измерим скорость течения воды в нашей канаве. Для этого отмерим вдоль нее какую-нибудь длину—например, 20 метров—и у концов промеренной линии воткнем по шесту. Став у того шеста, который стоит выше по течению, бросим в воду какой-нибудь поплавков—например, 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 (или поручим это помощнику), когда поплавок поравняется с ним. Положим, оказалось, что расстояние в 20 метров поплавок проплыл в 40 секунд; значит, в одну секунду река проносила его на 20:40, т.-е. на полметра.

Измерение, как видите, выполняется весьма просто. Если у вас нет часов с секундником, это не должно вас останавливать: вы можете сами устроить очень несложный прибор для измерения времени—„секундный маятник“. Он представляет собою бечевку, на конце которой подвешен грузик, например гайка, а в расстоянии равном 1 метру от середины грузика сделан узелок, за который бечевку держат в руке. Если слегка отвести вбок грузик, он начнет раскачиваться, при чем каждое полное качание туда и назад будет длиться—при указанной длине бечевки—ровно одну секунду. С маятником, конечно, должен стоять ваш помощник, который начнет и кончит счет качаний по данным вами сигналам.

Скорость, которую мы таким образом получаем, не есть, строго говоря, та средняя скорость, с какою движутся водяные частицы в канаве: это — скорость самых быстрых струй течения. Ведь поплавок плыл по *поверхности воды*, а здесь вода проносится быстрее, чем у дна или боков канала, где текущая вода трется о землю и, конечно, замедляет этим свое течение. Однако, разница получается небольшая, и для нашего приблизительного подсчета количества протекающей воды мы можем не принимать ее в соображение.

Итак, мы узнали, с какою скоростью движутся частицы воды, текущей в канаве. Но этого не достаточно, чтобы

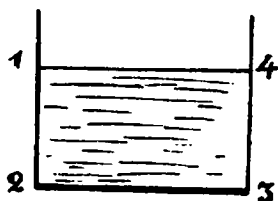
.....

определить число протекающих мимо нас литров воды. Нужно еще определить поперечную водяную площадь, или то, что называется площадью „живого сечения“ канавы,— площадь фигуры 1—2—3—4 (рис. 24). Если сечение канавы прямоугольное, как изображено на нашем чертеже, то для вычисления площади живого сечения достаточно измерить лишь ширину канавы и глубину воды в ней. Пусть ширина канавы $\frac{3}{4}$ метра, а глубина воды 25 см, т.-е. $\frac{1}{4}$ метра. Тогда площадь живого сечения этой канавы равна

$$\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16} \text{ кв. метра.}$$

Нетрудно сообразить, что при скорости $\frac{1}{2}$ метра через такое сечение ежесекундно проносится

$$\frac{3}{16} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{32} \text{ куб. метра воды.}$$



Черт. 24. Поперечный разрез канавы с отвесными стенками.



Черт. 25. Поперечный разрез канавы с наклонными стенками.

Мы узнали то, что желали определить: мимо нас ежесекундно протекает в канаве $\frac{3}{32}$ куб. метра воды, т.-е. 94 литра или столько же килограммов (потому что в кубическом метре 1.000 литров, а литр воды весит один килограмм). В прежних русских мерах это составляет около 8 ведер (ведро равно, примерно, 12 литрам). Сколько же протекает мимо нас каждую минуту? В 60 раз больше, т. е. почти 6 куб. метров, весящих столько же тонн.

Не всегда стенки канавы делаются отвесными, т.-е. не всегда канава имеет в разрезе прямоугольную форму. Если стенки канавы не отвесны, а наклонны, как бывает чаще, то живое сечение ее имеет форму не прямоугольника, а тра-

.....

печи 1—2—3—4 (рис. 25). Чтобы определить площадь фигуры 1—2—3—4, нужно измерить, кроме глубины, еще расстояния 1—4 и 2—3. Затем, найдя полусумму 1—4 и 2—3, умножаем ее на глубину канавы. Пусть, например, расстояние 1—4 равно 1 метру, расстояние 2—3 равно $\frac{3}{4}$ м, а глубина попрежнему $\frac{1}{4}$ метра. Тогда площадь живого сечения канавы равна

$$\frac{1}{2} \left(1 + \frac{3}{4} \right) \times \frac{1}{4} = \frac{7}{64} \text{ кв. метра.}$$

При прежней скорости течения— $\frac{1}{2}$ метра в секунду—получаем, что через сечение ежесекундно проносится

$$\frac{7}{32} \times \frac{1}{2} = \frac{7}{64} \text{ куб. метра.}$$

В литрах это составит:

$$\frac{7}{64} \times 1.000 = 109 \text{ литров,}$$

следовательно, 109 килограммов. А ежеминутно в такой канаве проносится мимо нас $109 \times 60 = 6540$ кг, или около $65\frac{1}{2}$ тонн.

Расчеты показывают, что даже в сравнительно узкой и мелкой канаве протекает за сутки огромное количество воды.

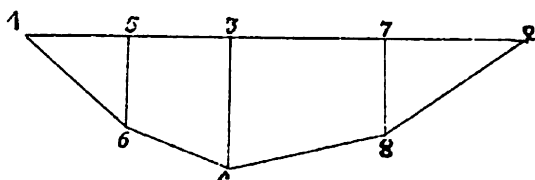
Количество протекающей воды принято называть „расходом“ воды. То, что мы здесь вычисляли, есть „расход“ воды в канаве.

Расход воды в речке вычисляется совершенно таким же образом, только живое сечение речки измерить немного труднее. Для этого надо измерить с лодки глубину речки в нескольких местах, лучше всего—в трех: 1) в самом глубоком месте, 2) по середине между самым глубоким местом и правым берегом, 3) по середине между самым глубоким местом и левым берегом. Измерения глубины выполняются с лодки или с моста, помощью длинного шеста или веревки с привязанным на ее конце тяжелым грузом. Надо измерить также, насколько удалены от берега те места, в которых произведены промеры глубины.

По данным, полученным от этих измерений, возможно вычислить расход воды в реке. Затруднение может воз-

никнуть лишь при определении площади „живого сечения“, которая вычисляется для речки сложнее, чем для канавы. Об'ясним, как сделать это вычисление.

Пусть на черт. 26 расстояние 1—2—ширина реки, 3—4—глубина ее в самом глубоком месте, 5—6 и 7—8—глубины по середине между точкой 3 и берегами. Соединим точки 1, 6, 4, 8 и 2 прямыми линиями. Наша задача сводится к тому, чтобы вычислить площадь фигуры 1—6—4—8—2. Фигура эта состоит из двух треугольников (1—5—6 и 7—8—2) и двух трапеций (5—6—4—3 и 3—4—8—7). Определить площадь каждой из этих фигур в отдельности нетрудно, так как расстояния 1—5, 5—6, 5—3, 3—4, 3—7, 7—8 и 7—2 были нами измерены; следовательно, не трудно определить и площадь всей фигуры.



Черт. 26. Поперечное сечение речки.

Если площадь живого сечения оказалась равной, например 15 кв. метрам, а средняя скорость течения этой речки 2 метра в секунду, то в секунду через живое сечение ее протекает

$$15 \times 2 = 30 \text{ куб. метров.}$$

Вот вы и узнали, сколько кубических метров (а, следовательно, и сколько тонн, или, примерно, 80-ведерных бочек) воды протекает каждую секунду через поперечное сечение речки в том месте и в то время года, когда вы выполняли ваши измерения. Для инженера, который взялся бы „электрифицировать“ вашу речку, т.-е. устроить на ней турбину, приводящую в действие динамо-машину и снабжающую ток прилегающую местность, собранные вами данные о скорости течения и „расходе воды“ в речке были бы очень ценны. Он мог бы сразу же прикинуть, сколько „киловатт“ электрической энергии можно рассчитывать получить в это время года от вашей речки. Как делаются такие расчеты, вы узнаете современем, когда будете изучать механику и физику.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
Чему хочет научить эта книжка?	3
Как изготовить мерный шнур и как с ним работать?	5
Как мерить шагами?	7
Как расставлять вехи?	10
Что такое эккер и как им пользоваться?	13
Съемка плана небольшого участка.	16
Что такое масштаб?	19
Как чертить план?	20
Несколько слов о площадях фигур.	21
Как определить площадь измеренного участка?	23
Недоступные расстояния и высоты	25
Как снять план речки и измерить протекающую в ней воду?	30

Цена 25 коп.



ТОРГСЕКТОР ИЗДАТЕЛЬСТВА „ПРИБОЙ“

Л е н и н г р а д,

Проспект 25 Октября, № 56. Телеф. 2-17-79 и 2-07-67.

Московское отд. — Лубянский пассаж, 46 — 49. Телефон 2-24-09.

Отделения: в Ростове на Дону, Краснодаре, Харькове, Екатерино-
славе, Киеве, Одессе, Саратове, Самаре, Свердловске, Перми, Н.-Нов-
городе, Череповце и Новгороде.