**Разметочно-измерительный инструмент**

Ста­рая пос­ло­вица «Семь раз от­мерь — один раз от­режь» — пол­ностью при­мени­ма и на сов­ре­мен­ной стро­ительной пло­щад­ке. Как от­ме­чалось ра­нее, **ос­новная за­дача** стро­ите­лей зак­лю­ча­ет­ся в по­выше­нии про­из­во­дительнос­ти тру­да и ка­чес­тва ра­бот. И то, и дру­гое не­воз­можно осу­щес­твить без при­мене­ния сов­ре­мен­ной из­ме­рительной тех­ни­ки. При­мене­ние этой тех­ни­ки зна­чительно сок­ра­ща­ет тру­до­ем­кость под­го­ноч­ных ра­бот, объем ко­торых дос­ти­га­ет 30% об­щих зат­рат тру­да.

Сов­ре­мен­ная из­ме­рительная тех­ни­ка очень раз­но­об­разна, ее точ­ность и сто­имость варьиру­ют­ся в ши­роком ди­апа­зоне. Так, на­ибо­лее до­рогос­то­ящи­ми яв­ля­ют­ся ла­зер­но-оп­ти­чес­кие — **та­хе­омет­ры**. Они объеди­ня­ют в се­бе при­боры: оп­ти­чес­кий — **те­одо­лит** (из­ме­рение уг­лов) и **ла­зер­ный** — ру­лет­ку (из­ме­рение рас­сто­яний). Та­хомет­ра­ми мож­но вы­пол­нять раз­личные ви­ды из­ме­рений в ши­роком ди­апа­зоне рас­сто­яний. При из­ме­рении ими рас­сто­яний в пре­делах 10 км их точ­ность (ди­апа­зон от­кло­нения) сос­тавля­ет все­го 6 мм.

На­ибо­лее прос­тые и час­то при­меня­емые в ус­ло­ви­ях строи­тельства средс­тва из­ме­рения рас­сто­яний — это **ру­лет­ка** и **склад­ной метр**. Име­ющи­еся на рын­ке в большом ас­сорти­мен­те они от­ли­ча­ют­ся ка­чес­твом ис­полне­ния, а сле­дова­тельно, и ди­апа­зоном пог­решнос­тей.

Точ­ные из­ме­рения мож­но вы­пол­нить только **ка­чес­твен­ны­ми** при­бора­ми. На мет­ре или лен­те ру­лет­ки на­несе­на ин­форма­ция: класс точ­ности, ука­зыва­емый рим­ски­ми циф­ра­ми, нор­ма до­пус­ка (в рам­ках ев­ро­пейско­го со­юза), под­твержде­ние стра­ны про­ис­хожде­ния то­вара.

В со­вет­ские вре­мена вы­пус­ка­лись вы­соко­точ­ные ру­лет­ки 1-го клас­са, ко­торые име­ли пас­порт и про­ходи­ли еже­год­ную по­вер­ку.

При из­ме­рении мет­ра­ми и ру­лет­ка­ми в про­цес­се из­ме­рений воз­ни­ка­ет **ряд пог­решнос­тей**:

* пог­решность **счи­тыва­ния** — рав­на по­лови­не де­ления шка­лы. Нап­ри­мер, ес­ли шка­ла име­ет мил­ли­мет­ро­вую раз­бивку, то пог­решность сос­тавля­ет 0,5 мм;
* пог­решность **на­несе­ния шка­лы** на лен­ту ру­лет­ки — про­веря­ет­ся на спе­ци­альном ба­раба­не срав­не­ни­ем с об­разцом. От­кло­нения фик­си­ру­ют­ся в пас­порте ру­лет­ки. Оп­ре­деле­ние та­кой пог­решнос­ти на­зыва­ет­ся **по­вер­кой**;
* пог­решность **от про­виса­ния** при из­ме­рении на ве­су — воз­ни­ка­ет в слу­ча­ях, ког­да лен­та на­ходит­ся в сво­бод­ном сос­то­янии и про­виса­ет, осо­бен­но на больших рас­сто­яни­ях;
* пог­решность **на­тяже­ния**. Лен­та ру­лет­ки име­ет ма­ленькую тол­щи­ну и ма­ленькое по­переч­ное се­чение, по­это­му при сильном рас­тя­жении лен­та мо­жет уп­ру­го рас­тя­гиваться, что и вы­зыва­ет эту пог­решность. Что­бы лик­ви­диро­вать эту пог­решность, при­меня­ют спе­ци­альное ус­тройство для на­тяже­ния ру­лет­ки, стро­го фик­си­ру­ющее си­лу, с ко­торой на­тяги­ва­ет­ся лен­та ру­лет­ки. Та­кое же ус­тройство при­меня­ют и при по­вер­ке пог­решнос­ти шка­лы;
* **тем­пе­ратур­ная** пог­решность — воз­ни­ка­ет при из­ме­рени­ях в раз­ное вре­мя и при раз­ных тем­пе­рату­рах из­ме­ря­емо­го объек­та.

Все пе­речис­ленные пог­решнос­ти при из­ме­рении объек­тов про­тяжен­ностью око­ло 10 м мо­гут сос­та­вить до 10 мм и бо­лее.

Сов­ре­мен­ные кар­манные ру­лет­ки обо­рудо­ваны **крюч­ком**, име­ющим про­тивос­кользя­щее пок­ры­тие и не сос­кальзы­ва­ющим в про­цес­се из­ме­рения с кром­ки из­ме­ря­емо­го объек­та. Этот крю­чок час­то на­маг­ни­чен, что де­ла­ет удоб­ным при­мене­ние ру­лет­ки при из­ме­рени­ях стальных объек­тов. Ру­лет­ки мо­гут иметь до­пол­ни­тельное ос­на­щение: тор­мозное ус­тройство на вхо­де лен­ты; тор­моз фик­са­ции лен­ты; крюч­ки для за­креп­ле­ния ру­лет­ки на по­ясе при пе­ренос­ке. Эти ус­тройства зна­чительно уп­ро­ща­ют ра­боту и по­выша­ют про­из­во­дительность тру­да при из­ме­рени­ях.

Сов­ре­мен­ные **ла­зер­ные дально­меры (ла­зер­ные ру­лет­ки)** (рис. 1.7) наш­ли ши­рокое при­мене­ние в строи­тельстве. Эти ус­тройства ос­но­ваны на фи­зичес­ком свойстве пуч­ка све­та про­ходить до объек­та, от­ра­жаться и, воз­вра­ща­ясь об­ратно на из­лу­чатель, фик­си­роваться на ус­тройстве. Ла­зер­ный пу­чок ха­рак­те­ризу­ет­ся стро­го оп­ре­делен­ной дли­ной вол­ны све­та ла­зера.

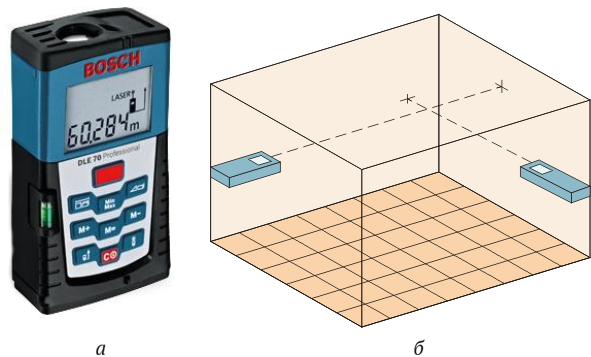


Рис. 1.7.Лазерный дальномер (лазерная рулетка) (*а*) и пример измерений с лазерным дальномером (*б*)

За­фик­си­ровав вре­мя вы­хода пуч­ка све­та (из­лу­чения) и за­тем за­фик­си­ровав вре­мя воз­вра­та от­ра­жен­но­го све­та на при­бор (зная, что свет рас­простра­ня­ет­ся с пос­то­ян­ной ско­ростью), мож­но оп­ре­делить рас­сто­яние до объек­та. Осо­бен­ностью этих при­боров яв­ля­ет­ся **пос­то­ян­ная** пог­решность, не за­вися­щая от из­ме­ря­емо­го рас­сто­яния и выз­ванная дли­ной вол­ны ла­зера, ко­торая как пра­вило, сос­тавля­ет ±1,5 мм.

При по­мощи этих при­боров мож­но не только вы­пол­нять ли­нейные из­ме­рения, но и оп­ре­делять **пло­щадь** и **объем**. Ис­пользуя те­оре­му Пи­фаго­ра (сум­ма квад­ра­тов ка­тетов пря­мо­угольно­го тре­угольни­ка рав­на квад­ра­ту ги­поте­нузы; ес­ли, нап­ри­мер, ка­теты рав­ны 3 и 4 м, а ги­поте­нуза — 5 м, то 9 + 16 = 25), мож­но пос­тро­ить пер­пенди­куляр, из­ме­рить вы­соту и вы­пол­нить дру­гие из­ме­рения.

Важ­ной осо­бен­ностью этих при­боров яв­ля­ет­ся то, что из­ме­рения про­водят­ся **бес­контак­тным** спо­собом од­ним че­лове­ком (кро­ме больших рас­сто­яний, ког­да вто­рой че­ловек ус­та­нав­ли­ва­ет на объек­те от­ра­жатель, от­ра­жа­ющий при­ходя­щий луч об­ратно на из­лу­чатель).

Для раз­метки ГКЛ и ГВЛ, стро­ительных конс­трук­ций и для дру­гих це­лей ис­пользу­ет­ся **ус­тройство «Лотс­шну­рав­то­мат»**. В кор­пу­се ус­тройства на­ходит­ся ка­туш­ка с на­мотан­ным шну­ром. При раз­ма­тыва­нии шнур ав­то­мати­чес­ки под­кра­шива­ет­ся цвет­ным ме­лом. Шнур на­тяги­ва­ют меж­ду дву­мя точ­ка­ми в со­от­ветс­твии с раз­меткой, за­тем от­тя­гива­ют по­сере­дине вверх и от­пуска­ют. Мес­то соп­ри­кос­но­вения шну­ра и раз­ме­точ­ной конс­трук­ции от­ме­ча­ет­ся ли­ни­ей, ок­ра­шен­ной ме­лом.

Свойство жид­костей, ког­да их по­вер­хность в спо­койном сос­то­янии за­нима­ет го­ризон­тальное по­ложе­ние, ши­роко ис­пользу­ет­ся в строи­тельстве при из­ме­рении го­ризон­тальнос­ти, вер­ти­кальнос­ти и уг­лов нак­ло­на по­вер­хнос­ти. Для это­го при­меня­ют **шлан­го­вый уро­вень**, ра­бота ко­торо­го ос­но­вана на свойстве жид­костей в со­об­ща­ющих­ся со­судах на­ходиться на од­ном уров­не.

При­бор име­ет две проз­рачные труб­ки со шка­лами, со­еди­нен­ные **гиб­ким шлан­гом**. Шланг за­пол­ня­ет­ся не­замер­за­ющей слег­ка под­кра­шен­ной жид­костью. Ус­та­новив уро­вень жид­кости в стек­лянной труб­ке на оп­ре­делен­ном уров­не (ба­зовом), мож­но пе­реме­щать вто­рую стек­лянную труб­ку, со­еди­нен­ную с пер­вой гиб­ким шлан­гом, в мес­то из­ме­рений и, при сов­ме­щении уров­ня жид­кости на ба­зовой точ­ке, де­лать от­метку на дру­гой точ­ке вто­рой труб­ки, ко­торая и бу­дет со­от­ветс­тво­вать ба­зовой точ­ке по го­ризон­ту.

Та­кие при­боры час­то ис­пользу­ют­ся при ус­та­нов­ке ма­яч­ков для за­лив­ки по­лов. Их **не­дос­татка­ми** яв­ля­ют­ся: низ­кая точ­ность, учас­тие двух ра­бочих; низ­кая про­из­во­дительность — не­об­хо­димость каж­дый раз ждать, ког­да уро­вень займет сос­то­яние по­коя.

Вто­рым нап­равле­ни­ем ис­пользо­вания свойств жид­кости для оп­ре­деле­ния го­ризон­тальнос­ти яв­ля­ют­ся при­боры, на­зыва­емые **ва­тер­па­сами**, или **пу­зырько­выми уров­ня­ми**. Их ра­бота ос­но­вана на свойстве пу­зырька воз­ду­ха (га­за), зак­лю­чен­но­го в за­па­ян­ный со­суд с жид­костью, име­ющий изог­ну­тую фор­му вер­хней по­вер­хнос­ти (сфе­ричес­кую), за­нимать крайнее вер­хнее по­ложе­ние. Со­суды име­ют ок­руглую в пла­не фор­му, вклю­ча­ющую вер­хнюю часть сфе­ры. Пе­реме­щая со­суд, а с ним и из­ме­рительную ба­зу ус­тройства (обыч­но это плос­кость), мож­но до­биться та­кого по­ложе­ния, ког­да пу­зырек займет центр очер­ченно­го на со­суде кру­га, т.е. ба­за займет го­ризон­тальное по­ложе­ние по лю­бому нап­равле­нию.

Иног­да это очень удоб­но, но точ­ность из­ме­рения в этом слу­чае не­высо­ка.

Ес­ли со­суд вы­пол­нить с внут­ренним объемом боч­ко­об­разной **фор­мы**, на­нес­ти на не­го не меньше **двух ри­сок** и за­кре­пить его на из­ме­рительном ус­тройстве та­ким об­ра­зом, что­бы ба­за (обыч­но это жес­ткая рейка, вы­пол­ненная из алю­миния, плас­тмас­сы или ка­чес­твен­ной дре­веси­ны) за­няла стро­го **го­ризон­тальное по­ложе­ние**, то пу­зырек бу­дет на­ходиться меж­ду двух ри­сок.

Та­кой при­бор на­зыва­ет­ся **пу­зырько­вым уров­нем**. Со­суд жес­тко со­еди­ня­ют с ба­зой прик­ле­ива­ни­ем или дру­гим об­ра­зом. Со­суд мож­но за­кре­пить вдоль рейки, что поз­во­лит про­верить го­ризон­тальность; ес­ли его за­кре­пить пер­пенди­куляр­но из­ме­ря­емой ба­зе рейки, мож­но про­верить вер­ти­кальность. Со­суд мож­но за­кре­пить и под дру­гим уг­лом (нап­ри­мер, 45°) или на вра­ща­ющем­ся от­но­сительно ба­зовой рейки прис­по­соб­ле­нии, тог­да мож­но из­ме­рить лю­бой угол объек­та от­но­сительно го­ризон­та (но не очень точ­но).

Иног­да та­кие уг­ло­меры снаб­жа­ют **элек­трон­ны­ми** ус­тройства­ми, поз­во­ля­ющи­ми точ­но оп­ре­делить угол от­но­сительно го­ризон­та.

В нас­то­ящее вре­мя для пос­тро­ения го­ризон­тальных, вер­ти­кальных и нак­лонных плос­костей, а так­же раз­метки по точ­кам ши­роко при­меня­ют­ся **ла­зер­ные** **пос­тро­ите­ли плос­костей** — при­боры но­вого по­коле­ния, от­ли­ча­ющи­еся прос­то­той ис­пользо­вания и вы­сокой точ­ностью.

Ла­зер име­ет мо­нох­ро­мати­чес­кий пу­чок све­та со стро­го оп­ре­делен­ной дли­ной вол­ны. От дли­ны вол­ны за­висит цвет пуч­ка све­та — как пра­вило, это крас­ный, но бы­ва­ют ла­зеры зе­лено­го и си­него цве­тов.

Ди­аметр пуч­ка све­та ла­зера не ме­ня­ет­ся в за­виси­мос­ти от рас­сто­яния, и пу­чок све­та, про­ходя че­рез оп­ти­чес­кие при­боры (лин­зы, приз­мы), так­же не ме­ня­ет сво­их раз­ме­ров. В ус­ло­ви­ях стро­ительной пло­щад­ки бы­ва­ет не прос­то найти центр это­го пуч­ка и сде­лать со­от­ветс­тву­ющую от­метку, так как при ос­ве­щении раз­ме­точ­но­го ус­тройства (нап­ри­мер, кон­чи­ка ка­ран­да­ша) его бы­ва­ет очень труд­но за­метить на фо­не пуч­ка све­та.

Для оп­ре­деле­ния цен­тра пуч­ка ис­пользу­ют спе­ци­альные прис­по­соб­ле­ния — **ми­шени** — плас­тинки с цен­тром, от­ме­чен­ным кон­цен­три­чес­ки­ми ок­ружнос­тя­ми, че­рез ко­торый про­ходят две пер­пенди­куляр­ные ли­нии. На кром­ках ми­шени у этих ли­ний сде­ланы **уг­лубле­ния**. Сов­местив центр ли­нии с цен­тром пуч­ка све­та, ка­ран­да­шом де­ла­ют от­метки в уг­лубле­ни­ях у кро­мок ри­сок. За­тем, уб­рав ми­шень, че­рез от­метки про­водят две ли­нии, центр пе­ресе­чения ко­торых яв­ля­ет­ся цен­тром пуч­ка ла­зер­но­го из­лу­чения.

При уда­лении ис­точни­ка ла­зер­но­го из­лу­чения от раз­ме­ча­емой конс­трук­ции на большое рас­сто­яние, осо­бен­но в сол­нечную по­году, бы­ва­ет труд­но раз­гля­деть пят­но или ли­нию из­лу­чения. Для ее об­на­руже­ния ис­пользу­ют **элек­трон­ные ми­шени**, зву­ковы­ми сиг­на­лами опо­веща­ющие о точ­ности сов­па­дения из­лу­чения с эк­ра­ном.

Ла­зер­ные пос­тро­ите­ли обо­рудо­ваны спе­ци­альным ус­тройством, поз­во­ля­ющим ав­то­мати­чес­ки про­из­вести ус­та­нов­ку при­бора в по­ложе­ние при сов­па­дении осей: вер­ти­кальной — с от­весным по­ложе­ни­ем, го­ризон­тальной — с го­ризон­том. При­боры обо­рудо­ваны так­же оп­ти­чес­ким ус­тройством — **пен­таприз­мой**, поз­во­ля­ющей из­ме­нять нап­равле­ние лу­ча ров­но на 90°.

Не­кото­рые при­боры обо­рудо­ваны ус­тройством, **вра­ща­ющим** **пен­таприз­му** с оп­ре­делен­ной ско­ростью. При вра­щении пен­таприз­мы луч из точ­ки прев­ра­ща­ет­ся в ли­нию. Ес­ли луч рас­по­ложен го­ризон­тально, то на стро­ительных конс­трук­ци­ях отоб­ра­жа­ет­ся след от го­ризон­тальной плос­кости. Это очень удоб­но при мон­та­же под­весных по­тол­ков или ре­гули­ров­ке ма­яч­ков для за­лив­ки по­ла.

При вра­щении лу­ча в вер­ти­кальной плос­кости мож­но про­из­вести раз­метку для мон­та­жа, нап­ри­мер, плос­костей пе­рего­родок. Ес­ли эту вер­ти­кальную плос­кость рас­по­ложить па­рал­лельно сте­не, под­ле­жащей ош­ту­кату­рива­нию, то, из­ме­ряя рас­сто­яние от этой плос­кости до сте­ны, мож­но оп­ре­делить ее ге­омет­рию и пра­вильно ус­та­новить ма­яч­ко­вые про­фили. Так­же мож­но ус­та­новить при­бор и в та­кое по­ложе­ние, что­бы по­лучить след от нак­лонной плос­кости, что очень удоб­но при ра­боте в ман­сар­дных и дру­гих по­доб­ных по­меще­ни­ях.

Ра­бота с прос­тейши­ми не­доро­гими ла­зер­ны­ми из­лу­чате­лями так­же мо­жет быть очень по­лез­на. Нап­ри­мер, раз­метка мест раз­ме­щения под­ве­сов при мон­та­же под­весно­го по­тол­ка не­пос­редс­твен­но на са­мом по­тол­ке за­нима­ет мно­го вре­мени. Ес­ли про­ек­цию этой раз­метки вы­пол­нить на по­лу, то это займет меньше вре­мени, а точ­ность бу­дет вы­ше. По­мес­тив **ла­зер­ный пос­тро­итель** вер­ти­кальной ли­нии на по­лу, сов­ме­ща­ют ла­зер­ный луч с нуж­ной точ­кой и по­луча­ют про­ек­цию этой точ­ки на по­тол­ке.

Ис­пользуя на­ибо­лее слож­ные при­боры (та­хе­омет­ры, сов­ме­ща­ющие в се­бе, как го­вори­лось ра­нее, те­одо­лит (из­ме­рение уг­лов) и из­ме­ритель рас­сто­яния — ла­зер­ный или ин­фрак­расный дально­мер), мож­но бес­контак­тным спо­собом по­лучить **точ­ную ин­форма­цию** о ге­омет­рии всех конс­трук­тивных эле­мен­тов зда­ний, оп­ре­делить от­кло­нения от вер­ти­кальнос­ти или го­ризон­тальнос­ти, оп­ре­делить их пло­щадь, объем по­меще­ний и т.д.

Сов­ре­мен­ные при­боры в ре­жиме **ска­ниро­вания** вы­пол­ня­ют эти из­ме­рения **ав­то­мати­чес­ки**. Эту ин­форма­цию с мо­бильных средств свя­зи мож­но пе­редать со стро­ительной пло­щад­ки в про­ек­тную ор­га­низа­цию, где при по­мощи со­от­ветс­тву­ющих компьютер­ных прог­рамм вы­пол­нять рас­че­ты пот­ребнос­ти в ма­тери­алах и рас­счи­та­ют тру­довые и вре­мен­ные зат­ра­ты на вы­пол­не­ние ра­бот. Сов­ре­мен­ная **ло­гис­ти­ка** поз­во­ля­ет ском­плек­то­вать не­об­хо­димые ма­тери­алы не только по объек­там — стро­ительным пло­щад­кам, но и по по­меще­ни­ям.

При­мене­ние но­вейшей **из­ме­рительной тех­ни­ки** на стро­ительной пло­щад­ке зна­чительно по­выша­ет культу­ру строи­тельства и поз­во­ля­ет сок­ра­тить мно­гие не­оп­равдан­ные зат­ра­ты тру­да и ма­тери­алов.