

**1. Назначение работ**

Значение работ из проволоки, так же как из бумаги и картона, в подавляющем большинстве случаев недооценивается преподавателем при изготовлении как им самим, так и учащимися самодельных приборов. Работы из проволоки не нуждаются в применении дорогих инструментов и сложных приёмов, однако требуют большой аккуратности и терпения. Многие из работ с проволокой нуждаются в пайке (§ 12); даже в тех случаях, когда можно обойтись вовсе без пайки, её применение обычно упрощает конструкцию и сокращает время изготовления.

Количество самодельных приборов, которые могут быть сделаны целиком из проволоки, сравнительно невелико. При этом большая часть таких приборов является подсобными, как, например, всякого рода подставки, таганы (рис. 216, Е), подвесы (рис. 213, D) и т. п., и только меньшая часть из них служит непосредственно для демонстрации физических явлений, как, например, каркасы для получения мыльных плёнок, прибор для сравнения теплопроводности металлов (см. т. II, §37, 6, и рис. 3) и др.

Важное значение для повышения эффективности преподавания имеют проволочные модели, как, например, модель кубического дециметра, модели кристаллических решёток, каркас для пояснения измерения столбика жидкости давления на дно сосуда (см. т. II, §28, 4, и рис. 166), модель витков или контуров для разъяснения устройства электромотора и динамо-машины (см. т. II, §49, 7, и §50, 7, и рис. 40, 389).

Огромное значение имеет изготовление проволочных пружин, нужных для устройства динамометров (см. т. II, §15,7, и рис. 104). Пружины также нужны в некоторых приборах как механизмы, создающие растягивающее или сжимающее усилие. Заслуживает значительного внимания применение пружин взамен круглых ремней для передачи движения с одних вращающихся шкивов на другие, что, например, практикуется при сборке моделей из деталей «Конструктора» (см. т. II, §14, 6, и рис. 92) и в кинопроекторных аппаратах (§22, 11 и 12, и рис. 376). Намотка из медной проволоки цилиндрических спиралей — весьма часто встречающаяся работа при изготовлении электрических приборов, например соленоида для демонстрации магнитного поля (см. т. II, §48, 3, и рис. 361), патронов для лампочек (см. т. II, § 67, 2, и рис. 438), электродов для измерения электрохимического эквивалента (см. т. II, § 68, 2, и рис. 497) и т. п. В виде цилиндрических спиралей также наматываются из никелина или никрома разного рода «электрические сопротивления», например для реостатов (см. т. II, §43, 5, и рис. 307), для электроплиток (см. т. II, §18, 5, и рис. 130) и для разного рода лабораторных приборов (см. т. II, рис. 496, 498 и 499). Из проволоки же приходится часто изготавливать различные петельки, крючочки, колечки и т. п., которые бывают нужны чуть ли не для каждого прибора.

В заключение следует упомянуть также об изготовлении из проволоки некоторых головоломок, весьма полезных для развития сообразительности у учащихся в часы их досуга.

**2. Материалы**

Материалами для работ служит проволока различных сечений. Только в некоторых случаях металл, из которого состоит проволока, безразличен, чаще же требования в механическом или электрическом отношении заставляют прибегать к строго определённым металлам. Так, пружину нельзя сделать иначе, как из стальной проволоки, и спираль для электроплитки — из какого-либо сплава за исключением никрома или фехрала. Для работ в основном нужна проволока медная, стальная и из специальных сплавов: никрома и никелина. Алюминиевая проволока требуется иногда при устройстве выпрямителя (см. т. II, § 51, 6, и рис. 413).

I. Медная проволока. Медная проволока для работ особенно хороша тем, что легко режется, скручивается и спаивается, однако она непригодна в тех случаях, когда нужно сравнительно большое сопротивление изгибу, скручиванию или растяжению. Вернее, для самодельных приборов медную проволоку пришлось бы брать много толще, чем латунную, а тем более стальную.

Основным источником для получения медной проволоки могут служить в школе электрические провода. Редко удаётся достать голые провода, чаще в распоряжение учителя попадают изолированные провода, покрытые бумажной изоляцией (ПВО или ПБД) и резиной (ПР) (§15, 2, III, и рис. 230).<sup>[1]</sup> Так как резиновую изоляцию с одножильных проводников ПР удалить нелегко, то наибольший интерес представляют многопроволочные провода (рис. 203 и 204) или, как их иногда неправильно называют, электрические кабели крупного сечения в 35, 50 и более квадратных миллиметров.

Изоляцию, состоящую из бумажной плётки и слоя резины, для удаления разрезают ножом вдоль провода (рис. 203) и затем сдирают (рис. 204). Проволоки, имеющие обычно толщину около 1 мм, расплетают и распрямляют.

Бумажную изоляцию на проводах ПВО или ПБД, состоящую из одного или двух слоёв ниток, можно срезать очень острым ножом или лучше бритвой (перемещая лезвие их вдоль провода), или, что дольше, размотать (рис. 239, Е). Однако такой способ применим лишь для сравнительно небольших кусочков провода. При удалении изоляции с большого количества провода рекомендуется смочить провод раствором каустической соды (§24, 3, VI) и затем на другой день смыть водой изоляцию, разрушенную едкой щёлочью. Обжигание проводов для удаления изоляции рекомендовать нельзя, особенно покрытых резиной, так как поверхность их сильно загрязняется, а медь теряет упругость, становясь мягкой. II. Железная проволока. Обычное железо всегда содержит в себе то или иное количество углерода и поэтому, строго говоря, является сталью. Поэтому железная проволока, обычно попадающая в школу из случайных источников, обладает различной степенью упругости. Чем мягче железная проволока, тем легче она тянется или расплющивается, режется и гнётся. Для придания проволоке мягкости, её следует подвергнуть отжигу, руководствуясь указаниями, данными в §11, 4. Железная проволока спаивается сравнительно просто, но требует перед пайкой иногда утомительного удаления со своей поверхности окислов (§ 11, 14). Очень часто железная проволока оказывается покрытой ржавчиной, настолько интенсивной, что после удаления ржавчины на поверхности обнаруживаются раковины (углубления), что сильно усложняет очистку, нужную для её залуживания.

Наиболее нужным для поделок является телеграфный железный провод, тем более оцинкованный. Кроме того, для изготовления сердечников у трансформаторов (§15, 17, VI, и рис. 262), якорей электромоторов и некоторых мелких поделок весьма полезна железная отожжённая проволока ( $d=1-2$  мм), продаваемая в магазинах стройматериалов под названием «печной»<sup>[2]</sup>. В магазинах «Электросбыта» можно приобрести тонкую оцинкованную проволоку, служащую обычно для привязки проводов к роликам. Такая проволока оказывается весьма подходящей для некоторых мелких деталей.

III. Стальная проволока. Стальную проволоку, нужную для изготовления пружин, приобрести в магазинах труднее, чем проволоку из других металлов, её. Обычно приходится доставать, обращаясь в шефствующую над школой производственную организацию, в МТС и т. п. Проволока, предназначенная для пружин, имеет торговую марку ПК; её иногда называют также ролярной.

В музыкальных магазинах продаются струны различной толщины для балалайки, рояля и т. п., которые могут быть использованы для намотки высококачественных пружин. В некоторых случаях для самодельных приборов можно использовать пружины, продаваемые как запасные части (подраздел VII).

IV. Алюминиевая проволока. Единственным источником алюминиевой проволоки в школе могут служить электрические провода. Поскольку же такая проволока, во-первых, отличается мягкостью, самой незначительной упругостью и, во-вторых, обычным припоем не спаивается, постольку её избегают применять при изготовлении самодельных приборов. Для содовых проволочных выпрямителей (см. т. II, §51, 6, и рис. 413) алюминиевой проволоки требуется самое незначительное количество, причём за отсутствием её легко можно заменить узкой полоской, отрезанной от листа алюминия.

V. Латунная проволока. Латунная проволока более упруга, чем медная, а тем более алюминиевая, обрабатывается и сплавляется легко, почему является наилучшей для выполнения работ из проволоки. Однако достать её трудно, в особенности малых сечений, поэтому в школе приходится для работ пользоваться медной и железной проволокой.

VI. Никелин и нихром. О составах специальных сплавов (никелин, нихром и др.) со значительным удельным сопротивлением и о их электрических свойствах см. §15, 2, V. Здесь же упомянем, что нихром обладает сравнительно значительной упругостью, почему части спиральки для электроплитки могут быть использованы в самодельных приборах как пружины, уступающие, однако, в своих качествах стальным. Части отработавшей и перегоревшей в плитке спиральки обычно оказываются хрупкими, почему они для механической нагрузки непригодны.

VII. Проволочные пружины. Изготовление в школе цилиндрических пружин (раздел 9) вполне возможно. Однако в некоторых случаях рациональнее приобретать готовые подходящие пружины от швейной машины, киноаппаратов (рис. 205, С). Полезными также оказываются пружины от матрацев или мебели, работающие на сжатие (рис. 205, А), и дверные пружины, работающие на растяжение (рис. 205, В).

Значительный интерес представляют собой пружины, применяемые взамен приводных ремней в школьных киноаппаратах (рис. 205, D), а также входящие в состав набора «Конструктор» (см. т. II, §14, 6, и рис. 93) (рис. 205, В). Части такого приводного ремня можно использовать, помимо прямого назначения, ещё как пружины в самодельных конструкциях.

1. ↑Значение обозначений проводов см. § 15, 2, III, и рис. 230.
2. ↑Применяется при печных работах.

### 3. Инструменты

Набор инструментов для работ из проволоки не велик, и не сложен, состоя из молотка (§11, 3, III, и рис. 134), кусачек (рис. 206, А и В), плоскогубцев (рис. 206, С и D) и круглогубцев (рис. 206, Е).

**Кусачки.** Кусачки, или острогубцы, — общеизвестный инструмент, применяемый для резания проводов и проволоки (рис. 206, А). Плоские остро отточенные «Губки» или края при нажиме на рукоятки кусачек должны сходиться вплотную (без щели), иначе они не станут резать тонкую проволоку совсем, а толстую до конца. Качество закалки режущих частей очень важно, так как при недостаточной твёрдости эти части при резании стальной проволоки будут сминаться, а при излишней твёрдости выкалываться кусочками. Поэтому при покупке кусачек выгоднее приобрести лучший сорт, заплатив дороже. Существуют кусачки с двойными рычагами, позволяющие разрезать проволоку с самыми минимальными усилиями (рис. 206, В).

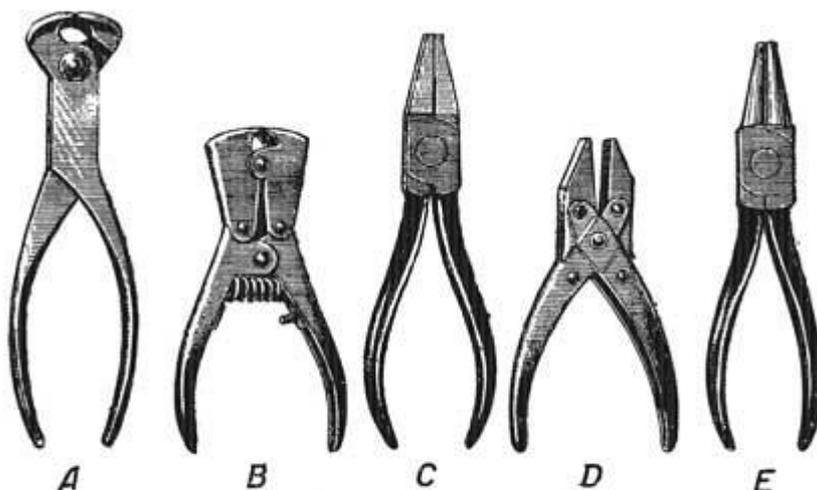


Рис. 206. Кусачки обычные (А) и с механизмом в виде двойных рычагов (В).  
Плоскогубцы обычные (С) и с параллельно расходящимися губками (D).  
Круглогубцы (Е).

**II. Плоскогубцы.** Плоскогубцы — необходимейший и наиболее часто применяемый инструмент при работе из проволоки и служащий, главным образом, для её изгибания (рис. 206, С). При покупке следует обращать внимание на то, чтобы губки, во-первых, содержали на себе насечку и, во-вторых, при нажиме на рукоятки сходились совершенно вплотную. Плоскогубцы используются иногда для завёртывания небольших гаек; в этом случае удобнее применять особые плоскогубцы, у которых губки, расходясь при растворе, остаются параллельными друг другу (рис. 206, D). Такие плоскогубцы крепче удерживают и гайку и не так портят её (оставляя следы), как обыкновенные.

**III. Круглогубцы.** Круглогубцы, т. е. щипцы с несколько коническими губками, — мало распространённый в школах, но важнейший инструмент при работе с проволокой и при электромонтаже (рис. 206, В). Служат они в основном для изгибания проволоки колечком, т. е. для изготовления одной из часто встречающихся деталей у проволочных изделий.

#### 4. Измерение толщины проволоки

Штангенциркуль. Для измерения с точностью до десятых долей миллиметра листов, пластинок, проволоки и т. д. может служить штангенциркуль<sup>[1]</sup>. На рисунке 207 показано применение штангенциркуля по его прямому назначению, т. е. для измерений: а) размеров отверстий (А), б) толщины какого-нибудь предмета, например диаметра шарика (В), в) глубины выточки в предмете (С).



Рис. 207. Измерение штангенциркулем.

Отсчёт целых единиц миллиметров измеряемого размера производится на шкале с миллиметровыми делениями, нанесёнными на штанге по первому штриху, нанесённому на рамке штангенциркуля, несущей подвижную ножку. Так, например, как показано на

рисунке 208, измеряемая длина будет равна 77 мм и ещё некоторой доле миллиметра. Какая это доля миллиметра, можно узнать при помощи второй шкалы, сделанной на подвижной рамке и называемой нониусом, который устраивают так. Длину в 9 мм делят на десять частей (рис. 209, А). Тогда каждое полученное деление будет равно  $9 \text{ мм} : 10 = 0,9 \text{ мм}$ . Эти-то деления и нанесены на нониус, благодаря чему каждое его деление меньше деления масштабной линейки на 0,1 мм. Если нониус сдвинуть так, чтобы черточка его первого деления совпала с черточкой первого деления масштаба (рис. 209, В), тогда расстояние между началом масштабной линейки и началом нониуса равно 0,1 мм. Если сдвинуть ещё нониус, чтобы совместить черточки, соответствующие второму делению (рис. 209, С), то длина будет при этом равна 0,2 мм. Если совместить седьмые деления, то длина равна 0,7 мм (рис. 209, В). Чтобы получить на нониусе штангенциркуля деления более крупные и, следовательно, более заметные и удобные для отсчёта, 19 делений масштаба делят на 10 частей.

На штангенциркуле сначала определяют число целых миллиметров, а затем ищут, какое деление нониуса совпадает с одним из делений на линейке штангенциркуля. Так, например (рис. 208), если совмещено одно из делений с шестым делением нониуса, то искомая часть миллиметра равна 0,6 мм, а вся длина предмета будет равна  $77 \text{ мм} + 0,6 \text{ мм} = 77,6 \text{ мм}$ . Для измерений диаметра проволоки её помещают между подвижной и неподвижной ножками штангенциркуля (рис. 207, В).

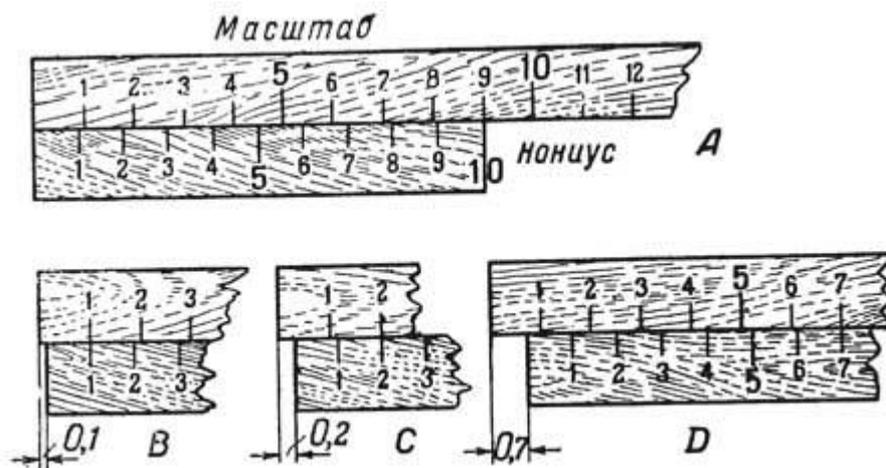


Рис. 209. Нониус.

Винтовой микрометр. Для измерения с точностью до сотой доли миллиметра диаметра проволоки, толщины листов металла и др. может служить кроме штангенциркуля винтовой микрометр (рис. 210, А и В). Он состоит из прочной стальной скобы *a* и микровинта (шпинделя) *d*, имеющего винтовую резьбу. Резьба современных микрометров делается такой, что при одном полном обороте винта шпиндель продвигается на расстояние 1/2 мм. Однако в физических кабинетах и мастерских можно встретить винтовые микрометры дореволюционного изготовления, у которых полный оборот винта соответствует продвижению шпинделя на 1 мм. Расстояние, на которое продвигается шпиндель при одном полном обороте, называется шагом винтового микрометра. Следовательно, шаг у современных винтовых микрометров бывает 1/2 мм. Шпиндель снабжён головкой, называемой нониусным барабаном *b*, край которого разделён на 50 частей.

Эти деления позволяют узнать, на какую долю оборота повернут винт. Так, например, если против черточки *o*, сделанной на стебле *k*, находится деление 45, то, следовательно, винт совершил 45/50 частей оборота. На стебле *k* нанесены также деления, позволяющие узнать, сколько полных оборотов сделал микровинт. Деления, помещённые ниже продольной черты на стебле, соответствуют двум оборотам микровинта, что при шаге в 1/2 мм соответствует смещению шпинделя на 1 мм. Деления, лежащие выше этой черты, отмечают половины нижних делений *i*, и, следовательно, позволяют производить отсчёт нечётного числа полных оборотов микровинта. Так, например, в случае, изображённом на рисунке 210, В, отсчёт будет соответствовать 6,69 мм.

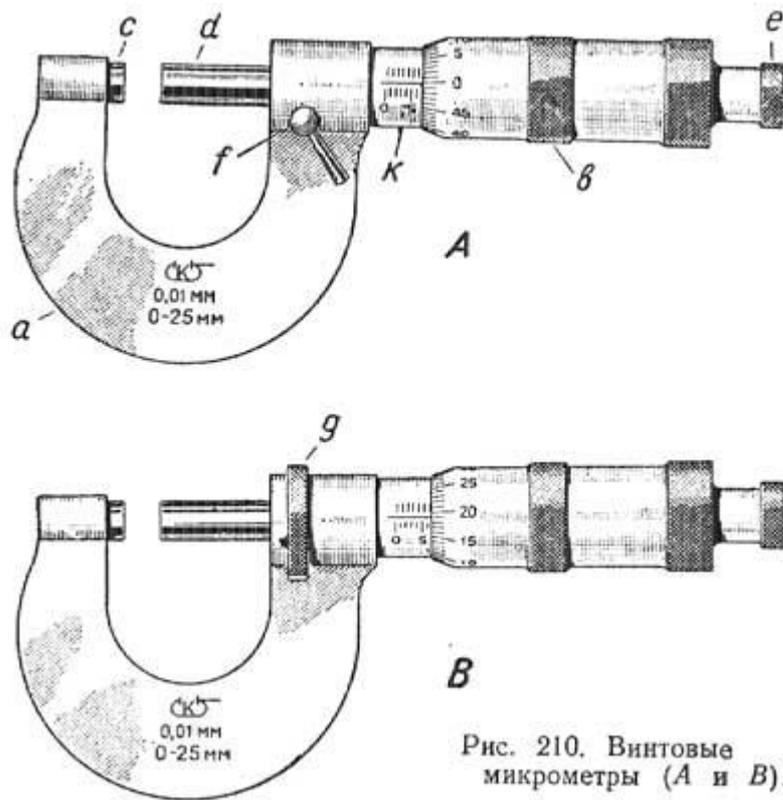


Рис. 210. Винтовые микрометры (А и В).

Измерение винтовым микрометром производят так: между пяткой *c* и концом *d* микровинта (рис. 210, А) вкладывают измеряемый предмет и затем завинчивают винт до отказа. Чтобы не сплющить проволоку и тем самым не сделать неправильного измерения, у микровинтов (рис. 210, А и В) на головке шпинделя сделана трещотка *e*. Винт надо обязательно вращать не за головку, а за трещотку. Когда пятка и шпиндель упрутся в материал, трещотка будет вращаться «вхолостую», не продвигая шпиндель вперёд, благодаря чему сплющивания материала не происходит и, кроме того, обеспечивается всегда одинаковое давление на материал в момент его измерения. После этого поворачивают зажимной винт *f* (рис. 210, А) или зажимное кольцо *g* (рис. 210, Б), благодаря чему микровинт закрепляется неподвижно и поэтому не сможет повернуться при неосторожном движении.

Для установки перед отсчётом микровинта на 0, если это требуется, на нониусном барабане имеется установочная гайка.

**III. Косвенные способы измерения.** Общеизвестный способ определения толщины проволоки состоит в измерении длины витков её, намотанных вплотную на какой-либо цилиндрический шаблон (гвоздь, карандаш, стакан), и последующем вычислении.

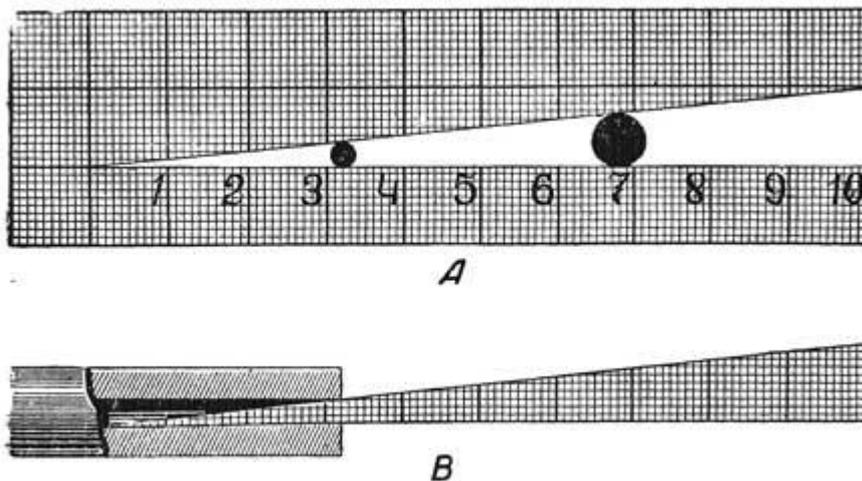


Рис. 211. Клинообразный вырез и клин для измерения малых толщин и отверстий.

Легко изготовить самодельный измеритель толщин проволок или пластинок из полоски клетчатой чертёжной бумаги, наклеив её на тонкий и плотный картон и сделав в ней бритвой клинообразный вырез (рис. 211, А). Если основание выреза взято равным 10 мм, то диаметры проволок, помещённых до упора в вырез, будут соответственно равны 3,2 мм и 6,8 мм. Ясно, что при основании выреза в 5 мм диаметры проволок (других), вставленных подобным же образом в вырез, оказались бы равными соответственно 1,6 мм и 3,4 мм.

Клин, изготовленный из такой же бумаги, может служить для измерения диаметров отверстий (рис. 211, В).