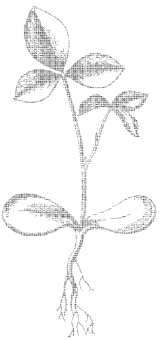
ВСЕСОЮЗНОЕ ДОБРОВОЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО
СОДЕЙСТВИЯ АРМИИ

Б. Б. КАЖИНСКИЙ

ПРОСТЕЙШАЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ



Scan AAW

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСАРМ * МОСКВА — 1950



Scan AAW

ВВЕДЕНИЕ

В Советском Союзе в широких масштабах осуществляется сплошная электрификация и радиофикация сельских мест. Электричество и радио прочно входят в быт колхозной деревни.

По плану сталинской послевоенной пятилетки ведутся грандиозные работы по электрификации сельского хозяйства. Уже пущены в эксплоатацию сотни электростанций, которые дают ток на пункты электромолотьбы, освещают школы, больницы, избы-читальни, питают школьные и колхозные радиоузлы. Тысячи и тысячи лампочек Ильича горят и в домах колхозников.

Во многих сельских местностях деятельное участие в электрификации принимает молодежь. Она помогает сооружать плотины для гидростанций, устанавливать столбы, тянуть линии электропередач.

С каждым годом на селе растет потребность в высококвалифицированных специалистах для обслуживания межколхозных ГЭС, колхозных радиостанций и радиотрансляционных узлов. Электротехники, монтеры, надсмотрщики, радиотехники — эти профессии становятся массовыми в советской деревне.

Молодежь, увлекающаяся радиолюбительством, занимающаяся самостоятельной постройкой маломощных ветро- и гидроэлектродвигателей, выдвигает из своей среды кадры механиков, электро- и радиотехников.

Многие села нашей страны расположены на берегах больших и малых рек — источников самой дешевой энергии. Энергия «белого угля» вращает турбины Днепрогэса, водяные мельницы, дает ток межколхозным гидроэлектростанциям.

Однако гидроэлектроэнергию можно использовать гораздо шире. Застрельщиками этого важного дела на селе должны быть комсомольцы, школьная молодежь. Даже силами небольшого коллектива можно построить гидроустановку малой мощности. Наиболее доступными для самостоятельного сооружения являются свободнопоточные гидроустановки. Они используют непосредственно живую силу реки и не требуют устройства плотин.

Такие гидроустановки могут давать электроэнергию для освещения школы или сельского клуба, избы-читальни или нескольких домов колхозников, а также для питания радиоприемников.

Участвуя в сооружении небольших гидростанций, молодежь обогащает свои знания и оказывает практическую помощь в электрификации своего села.

Задача настоящей брошюры — помочь сельской молодежи, интересующейся практическим использованием гидроэлектроэнергии. В брошюре дается описание свободнопоточной гидростанции малой мощности с роторными двигателями наиболее совершенной конструкции.

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ СВОБОДНОПОТОЧНОЙ ГИДРОУСТАНОВКИ

1. ЧТО ТАКОЕ ЭНЕРГИЯ И МОЩНОСТЬ ВОДНОГО ПОТОКА

Мощность свободнопоточного водяного двигателя зависит от трех величин: 1) расхода воды, т. е. от количества воды, протекающей через рабочее колесо двигателя в секунду; 2) от живой силы частиц воды, которую они приобретают при движении; 3) от технического качества рабочего колеса двигателя или, как говорят в механике, от коэфициента полезного действия (к. п. д.) двигателя.

Прежде чем перейти к определению мощности нашей свободнопоточной установки, вспомним некоторые понятия из физики.

Энергией водного потока или гидроэнергией называется его способность производить ту или иную работу. Если вода в пруде, озере, бассейне, резервуаре или баке остается в состоянии покоя — не течет, то это значит, что она не совершает работы. Но нельзя сказать, что в таком случае она не обладает энергией. Она обладает скрытой энергией спокойного положения или, как говорят,— потенциальной энергией [1].

Протекающая вода в ручье, речке или большой реке способна производить работу потому, что она движется, течет (падает) с более высоких мест в места более низкие. Вода течет (падает) вниз благодаря своей тяжести, т. е. под влиянием силы земного притяжения. Чем большее количество воды содержит поток и чем ниже и скорее он течет или падает, тем большее количество энергии движения (кинетической энергии [2]) он содержит. Это значит, что энергия водо-

[1] Слово «потенциальная» имеет в своем корне латинское слово «потенцио», что означает возможность, степень, мощность, иначе говоря, это есть способность к определенным, но еще не проявленным действиям. По-русски потенциальная — это значит возможная, существующая в скрытом виде, еще не проявленная.

[2] Корнем слова «кинетическая» является греческое слово «кинема», что по-гречески означает: «относящееся к движению».

тока зависит не только от количества воды или, как говорят в гидротехнике, от расхода воды, но и от скорости ее течения и высоты перепада, которую в гидротехнике называют напором.

Напор может быть создан природой (водопад), но можно

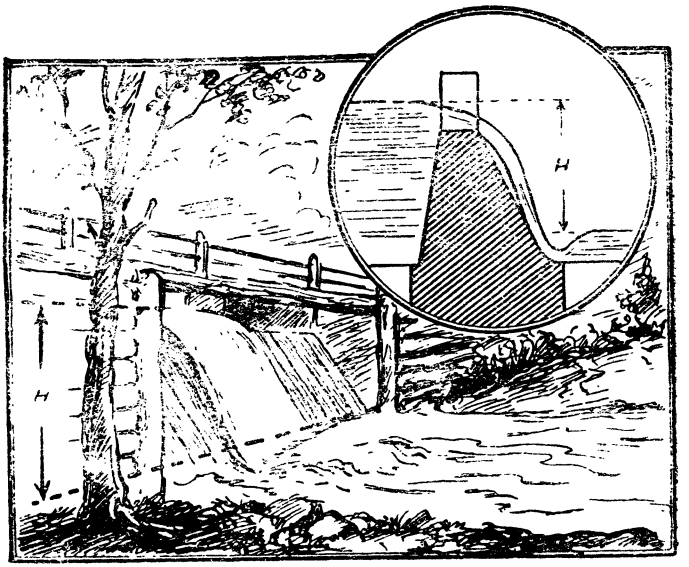


Рис. 1. Схема определения высоты напора H

создать его и искусственно, например, устройством запруды или плотины.

Если открыть отверстие в гребне плотины, за которой скопилась вода, то вода из него будет свободно ниспадать с некоторой высоты H метров (рис. 1), считая от верхнего уровня воды за плотиной до нижнего уровня воды, отходящей от основания плотины. Высота H и называется напором. При падении вниз вода приобретает скорость V метров в секунду. Величину скорости можно определить, пользуясь известным из физики уравнением: $V = \sqrt{2g\ H}$.

Здесь: g — ускорение силы земного притяжения, равное 9,81 *м/сек*^{2}.

Отсюда напор равен: $H = \frac{V^2}{2g}$.

Несколько иное определение следует придать понятию о напоре для свободнопоточных гидроустановок. К этому определению, а также к понятию мощности такой установки мы и переходим.

При своем движении в речном потоке частицы воды, под влиянием скорости движения, приобретают живую силу. В гидротехнике именно эту силу движения потока и называют скоростным, или динамическим [1], напором. Таким образом, динамический напор существует во всяком течении воды в ручье, речке и реке, иными словами, он создан природой. Динамический напор также исчисляется по вышеприведенной формуле.

Гидроэнергия, как и другие виды энергии, измеряется работой, выражаемой в килограммометрах. Количество работы определяется произведением силы на длину пути, по которому передвигается какой-либо груз под воздействием данной силы. Если для передвижения груза на расстояние 15 *м* требуется применить силу, например в 20 *кг*, то в таком случае работа будет определяться величиной:

$$T = 15 \cdot 20 = 300 \text{ кгм}.$$

Мощностью называется работа, отнесенная к единице времени (секунде). Мощность обозначается буквой N и выражается в килограммометрах в секунду (*кгм/сек*). В технике определяют мощность двигателя в лошадиных силах (л. с.). Лошадиной силой принято называть мощность, равную 75 *кгм/сек*.

Так, если груз весом 15 *кг* за одну секунду должен быть поднят на высоту 5 *м*, то для этого нужна мощность в одну лошадиную силу ($15 \times 5 = 75$ *кгм/сек*.). Допустим, работа в 300 *кгм* по предыдущему примеру должна быть совершена в течение одной секунды, тогда для этой цели нужно располагать мощностью:

$$N = \frac{300}{75} = 4 \text{ л. с.}$$

Мы уже знаем, что мощность свободнопоточного водяного двигателя зависит от трех величин: а) от динамического напора H; б) от расхода воды, т. е. от количества Q воды, протекающей через рабочее колесо двигателя в секунду; в) от технического качества гидродвигателя, от коэфициента полезного действия (к. п. д.), обозначаемого греческой буквой η (эта).

[1] Слово динамический в корне своем имеет слово «дина», что по-гречески означает силу.

Если расход воды, т. е. количество воды, падающей за одну секунду, мы условимся измерять в килограммах (*кг*) и пометим его буквой *B*, то выражение мощности можно написать:

$$N = \frac{B \cdot H}{75} \text{ л. с.}$$

Учитывая, что вес одного кубического метра (1 $м^3$) воды равен 1 000 *кг*, мы можем весовое выражение расхода воды *B* перевести в объемное *Q* и написать его несколько иначе:

$$B = 1\,000 \cdot Q.$$

Тогда мощность потока с подобным расходом воды будет:

$$N = \frac{1\,000 \cdot Q \cdot H}{75} = 13{,}33 \cdot Q \cdot H \text{ л. с.}$$

В электротехнике мощность принято определять в киловаттах (*квт*). Одна л. с. равна 736 *вт* = 0,736 *квт*[1]. Таким образом, выраженная в *квт* мощность потока равна:

$$N = 13{,}33 \cdot 0{,}736 \cdot Q \cdot H = 9{,}81 \cdot Q \cdot H \text{ квт.}$$

Однако нам нужно знать не столько мощность потока, сколько мощность интересующего нас свободнопоточного двигателя — гидротурбины. Для определения мощности гидротурбины можно пользоваться той же формулой, но при этом *Q* должно обозначать секундный расход воды, пропускаемой рабочим колесом гидротурбины. Кроме того, в эту формулу вводится множителем (к. п. д.) гидротурбины η, имеющий для разных турбин различное значение от 0,30 до 0,90. Таким образом, мощность гидротурбины определяется по формуле:

$$N = 9{,}81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

Под расходом воды *Q* в данном случае следует понимать количество воды, протекающей со скоростью потока через площадь, занимаемую очертаниями рабочего колеса гидротурбины, или, как говорят, — через площадь проекции колеса турбины.

Расход определяется по формуле: $Q = F \cdot V$ $м^3/сек$, где

F — площадь проекции рабочего колеса в $м^2$.

V — скорость потока в *м/сек*.

В формуле для определения расхода *Q* скорость *V* имеет линейную размерность, а в определении динамического на-

[1] 1 *квт* равен 1 000 *вт*. 1 *вт* — это работа электрического тока силой в 1 *а* при напряжении 1 *в*. Один *квт* равен 1,36 л. с.

пора она возводится в квадрат. Поскольку мощность турбины зависит от произведения Q на H, значит она (мощность) зависит уже от V^3, т. е. она пропорциональна кубу скорости воды. Вот почему с уменьшением скорости течения резко снижается мощность одной и той же свободнопоточной установки. С другой стороны, чем выше скорость потока, тем большую мощность может развить водяной двигатель, использующий живую силу этого потока. Отсюда мы видим, что для свободнопоточной гидроэлектростанции очень большое значение имеет скорость V потока. Поэтому на практике определять скорость течения воды надо с особенной тщательностью.

2. СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ

Скоростью течения воды в реке называется путь, проходимый потоком воды за одну секунду. На практике скорость течения можно наблюдать по движению легких плавающих на воде предметов: пустой бутылки, спичечной коробки, щепки и других предметов. Однако надо учесть, что предмет движется вниз по течению реки с той скоростью, которая имеет место на поверхности потока. Чем глубже будет расположен слой воды, тем медленнее его течение. Истинная средняя скорость для всех слоев потока находится примерно на расстоянии $^2/_3$ его глубины (считая от дна реки) и составляет для небольших рек 80% от скорости течения воды на поверхности речного потока.

Для практических измерений скорости течения на поверхности небольшой реки выбирают, по возможности, прямолинейный участок реки длиной 50 *м*. Если на реке есть плотина, то участок должен лежать намного ниже ее по реке[1]. На одном из берегов отмечают, поближе к береговой линии, две точки, расположенные на расстоянии 20 *м* одна от другой. В каждой точке забивают в землю шест. В 5—6 шагах от шеста становятся два наблюдателя так, чтобы каждый из них находился против шеста лицом к реке. Задача каждого наблюдателя состоит в том, чтобы следить за прохождением поплавка через черту, мысленно проведенную поверх шеста и далее — поперек реки. Первый наблюдатель, стоящий выше по течению реки, имеет часы с секундной стрелкой и ведет запись результатов наблюдений. Он забрасывает поплавок по-

[1] При наличии плотины лучше воспользоваться ею для целей получения электроэнергии, чем строить бесплотинную гидроэлектростанцию.

дальше от себя вверх по течению реки, отмечает момент прохождения поплавка через черту первой точки и отсчитывает число секунд до подачи сигнала вторым наблюдателем в момент прохождения поплавка через черту второй точки.

Если расстояние между шестами равно 20 *м*, а время прохождения этого расстояния поплавком равно 15 *сек.*, то скорость движения поплавка будет $20 : 15 = 1{,}33$ *м/сек.*

Однако если мы будем пользоваться только этим результатом, то получим скорость движения одного поплавка, которая еще не будет характерной для всего потока в целом. Чтобы получить среднюю величину поверхностной скорости воды, надо пускать поплавки несколько раз так, чтобы в одном случае поплавок прошел ближе к одному берегу, другой раз — ближе к середине реки, затем ближе к другому берегу или же в промежутке между первыми двумя прохождениями и т. д. Чем шире река, тем большее число раз надо провести измерения скорости течения.

Определив время прохождения поплавка при каждом наблюдении, находят среднее арифметическое значение из всех наблюдений. Предположим для примера, что проделано шесть наблюдений. Первый поплавок прошел расстояние 20 *м* в 15 *сек*, второй то же расстояние покрыл за 14 *сек*, третий — 13,5 *сек*, четвертый — 10,5 *сек*, пятый — 16 *сек* и шестой — 18 *сек*. Складывая эти величины и деля сумму на 6, получаем среднее арифметическое значение:

$$\frac{15 + 14 + 13{,}5 + 10{,}5 + 16 + 18}{6} = 14{,}5 \text{ сек.}$$

Так как измерялось время прохождения всех поплавков на расстоянии 20 *м*, то средняя скорость течения на поверхности воды будет равна: $20 : 14{,}5 = 1{,}38$ *м/сек.* Ввиду того, что истинная средняя скорость всех слоев потока составляет 80% от поверхностной скорости, то она будет равна: $1{,}38 \cdot 0{,}80 = 1{,}1$ *м/сек.* Это и есть расчетная скорость потока для рассмотренного случая.

II. ПОСТРОЙКА СВОБОДНОПОТОЧНОЙ ГИДРОУСТАНОВКИ

1. УСТРОЙСТВО ГИДРОУСТАНОВКИ

В настоящее время нашими научно-исследовательскими институтами, заводами, а также отдельными изобретателями и конструкторами разработаны достаточно совершенные и экономичные свободнопоточные установки с гидротурбинами различных типов, описанные в современной технической литературе. Заслуживают особого внимания установки с роторными гидротурбинами малой мощности, поскольку они являются не только технически совершенными, но вместе с тем и наиболее доступными для изготовления силами и средствами небольших коллективов молодежи на местах.

На рис. 2 показан общий вид одной из таких установок «на салазках». Свободнопоточная гидроустановка состоит из двух основных частей: гидроротора и опорной конструкции.

На рисунке мы видим трехсекционный гидроротор, концы вала которого входят в деревянные подшипники, укрепленные с помощью железных хомутов на поперечных брусьях опорной стойки. Каждая опорная стойка представляет собой решетчатую конструкцию, составленную из нескольких отрезков бревен и поперечных брусьев, а также нижнего длинного поперечного бревна, вынесенного далеко назад для того, чтобы придать всей конструкции наибольшую устойчивость.

Вертикальные бревна своими шипами входят в гнезда, выдолбленные в полозьях салазок, и прикреплены к ним железными скобами. Салазки сделаны из трех толстых полозьев длиной 3 *м*. Третья пластина полозьев укреплена под выступающими назад концами длинных поперечных бревен. В гнезда каждого из этих бревен упираются своими нижними шипами по два подкоса, увеличивающих прочность стоек.

Для придания всему сооружению наибольшей устойчивости в продольном направлении верхние части стоек укреплены пятью продольными досками. Одна из этих досок, распо-

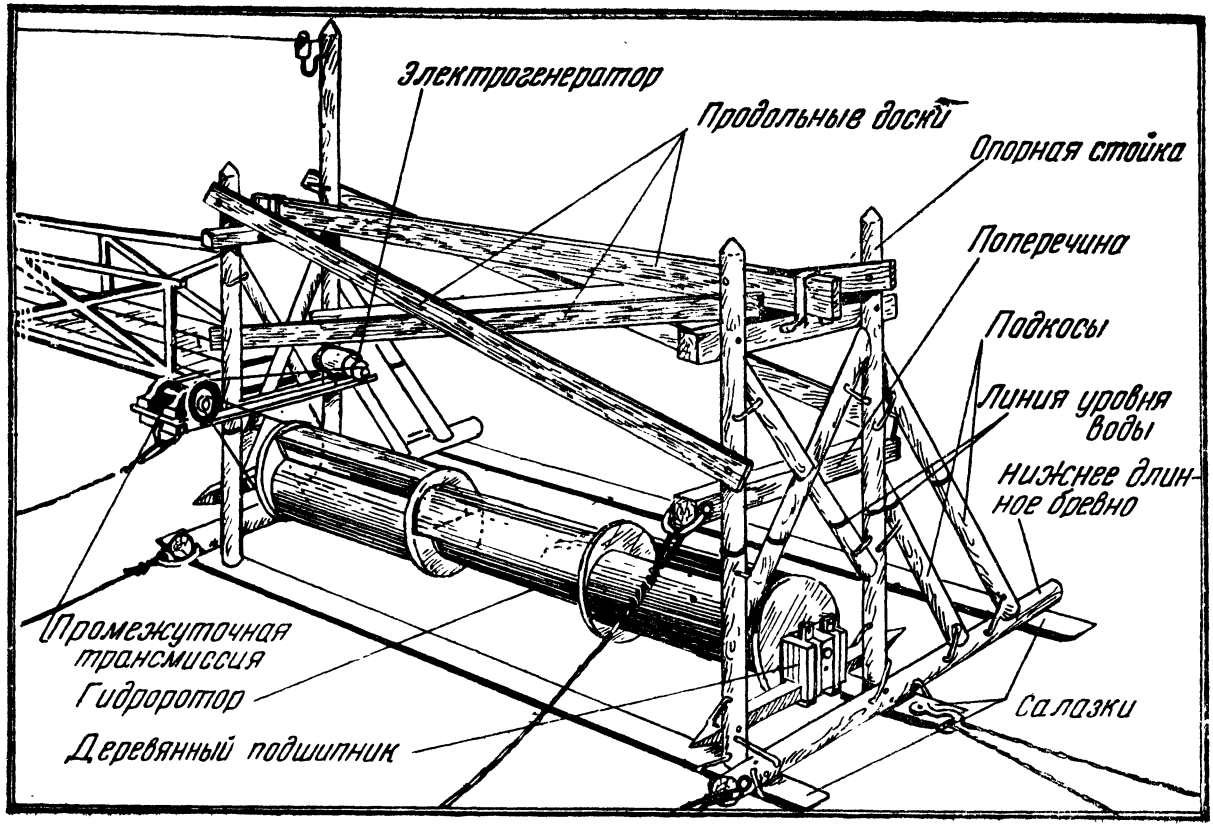


Рис. 2. Общий вид гидроустановки «на салазках»

ложенная горизонтально, своими вырезами наложена на верхние поперечины стоек и прикреплена к ним железными хомутами. Остальные четыре доски идут наклонно. С помощью болтов они прикреплены своими концами к вертикальным бревнам стоек, образуя таким путем подобие решетчатой фермы моста.

Ближайший к берегу крайний диск гидроротора на своем торце (ободе) имеет желобок для приводного ремня, идущего к шкиву промежуточной трансмиссии. Трансмиссия эта расположена на конце среднего поперечного бруса береговой стойки. На другом конце того же бруса прикреплен электрогенератор. Второй приводной ремень идет от шкива промежуточной трансмиссии к шкиву этого электрогенератора. Электропровода от генератора подвешиваются к изоляторам, укрепленным на удлиненной береговой стойке. Далее они протягиваются на изоляторы столба, установленного на берегу реки. Важно отметить, что столб на берегу должен стоять с верховой стороны по отношению к гидроустановке. Тогда натяжение проводов будет способствовать увеличению устойчивости гидростанции.

Второй способ устройства свободнопоточной гидростанции отличается от только что описанного лишь тем, что опорные стойки устроены не на салазках, а подвешены к двум спаренным плотам. Стойки по этому способу устройства носят название кронштейнов (подвесных опор).

Подробности этих двух способов устройства свободнопоточных гидростанций и описание изготовления отдельных деталей читатели найдут в следующих разделах брошюры.

2. РОТОРНАЯ ГИДРОТУРБИНА

Водяная роторная турбина, которая в дальнейшем для краткости будет называться здесь гидроротором, устроена следующим образом. Представим себе полый цилиндр, например, в виде большого ведра с припаянной крышкой. Разрежем (мысленно) этот цилиндр плоскостью вдоль его геометрической оси на две равные половины. Полученные два полуцилиндра раздвинем немного по плоскости разреза в разные стороны на равные расстояния от средней оси. Это и будут две полуцилиндрические лопасти гидроротора (рис. 3). С торцовых концов лопастей (там, где были дно и крышка «ведра») к лопастям должны быть прикреплены два диска,

центры которых совпадают со средней осью. Сделаем эту ось в виде металлического вала на двух подшипниках, получится ось вращения гидроротора.

Обратимся к схеме, приведенной на рис. 4, где показаны линии обтекания лопастей гидроротора в двух его положе-

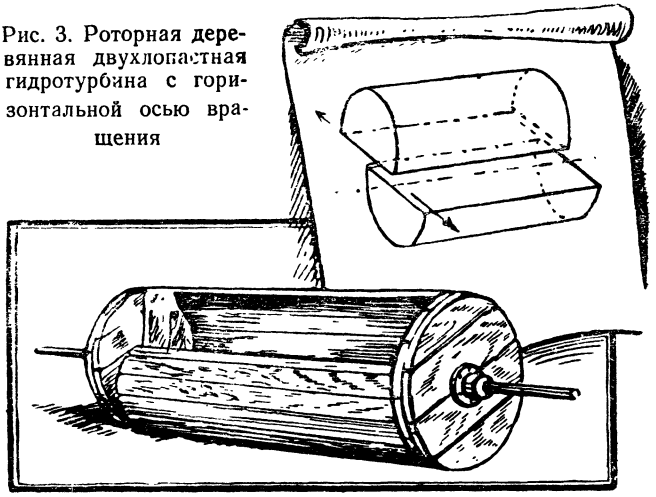


Рис. 3. Роторная деревянная двухлопастная гидротурбина с горизонтальной осью вращения

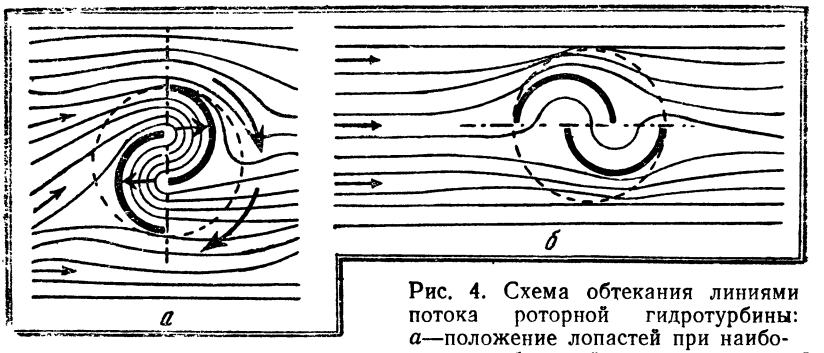


Рис. 4. Схема обтекания линиями потока роторной гидротурбины: *а*—положение лопастей при наиболее сильном крутящем моменте, когда «наибольший размах лопастей» приходится поперек линий течения; *б* — гидроротор в «мертвом положении», когда «наибольший размах лопастей» приходится вдоль линий течения, а поперек течения оказывается «наименьший размах лопастей».

ниях *а* и *б*. Когда ротор занимает положение *а*, плоскость, соединяющая все четыре кромки его лопастей (обозначена на рис. 4 пунктирной вертикальной линией), расположена

поперек течения реки. В этом случае мы говорим, что площадь проекции гидроротора наибольшая, и, если можно так выразиться, — «размах лопастей наибольший». Когда ротор примет положение *б*, плоскость, проходящая через кромки лопастей (горизонтальная пунктирная линия), будет расположена вдоль направления потока. Поэтому мы можем сказать, что в этом случае площадь проекции гидроротора наименьшая или «размах лопастей наименьший». Попытаемся разобраться, какое действие будет оказывать поток на гидроротор в этих двух положениях.

Схема, изображенная на рис. 4, показывает, что между обеими полуцилиндрическими лопастями гидроротора имеется криволинейно изогнутый сквозной канал. В положении *а* через этот канал устремляется струя воды. Она отдает лопастям гидроротора свою энергию движения дважды: первый раз у входа в канал, где струя воды ударяется о внутреннюю поверхность изогнутой стенки первой (верхней) части лопасти и давит на нее, и второй раз — у выхода из канала, где она производит плавное безударное давление (отдачу) на изогнутую стенку второй (нижней) лопасти.

Проходя по внутренней поверхности первой полуцилиндрической лопасти, струя воды меняет свое направление на 180°. Иначе говоря, ее первоначальное направление изменяется на обратное, т. е. вода как бы следует двойной кривизне. Далее, попадая на внутреннюю поверхность второй лопасти, вода меняет свое только что приобретенное направление опять на 180°, т. е. она еще раз следует двойной кривизне. Как в первый раз, так и во второй, кроме прямого давления, вода оказывает на лопасть дополнительное противодавление, удваивающее силу прямого давления.

Силы удара и отдачи, давления и противодавления, слагаясь в одном и том же направлении, заставляют гидроротор вращаться по часовой стрелке (рис. 4). На место изогнутой части первой лопасти быстро подходит своим внутренним изгибом вторая лопасть. Струя воды опять ударяется в эту лопасть, проходя тот же плавно изогнутый в разные стороны зигзагообразный путь, и затем отходит от гидроротора, отсасываемая обтекающим ротор снаружи свободным течением воды. Этой быстрой сменой лопастей поддерживается вращение гидроротора все в том же направлении — по часовой стрелке.

Положение *б* показывает, что лопасти гидроротора в этот момент проходят через «мертвую точку» своего вращения. В этот момент гидроротор имеет как бы «наименьший раз-

мах лопастей», так как плоскость, мысленно проведенная через все четыре кромки лопастей, совпадает с направлением течения потока. В этом «мертвом положении» живая сила потока оказывает на лопасти наименьшее действие и вращающийся гидроротор при большой нагрузке может остановиться. Для устранения этого применяется следующий технический прием. Ротор по его длине делят двумя промежуточными дисками на три секции с тем, чтобы упомянутая плоскость у каждой секции ротора была сдвинута на угол 120° по отношению той же плоскости соседней с ней секции (рис. 6, линия *а—б*).

В водяном потоке гидроротор устанавливают так, чтобы он был целиком погружен в воду, но не касался дна реки.

Гидроротор является наиболее простым по своей конструкции самодельным водяным двигателем для речной бесплотинной гидроэлектростанции. Впервые в мире он был применен в СССР для свободнопоточных установок в 1938 году.

На основании исследований советские ученые пришли к выводу, что для мелкой точечной электрификации свободнопоточная установка с гидроротором полностью оправдала себя. И когда свободнопоточную водносиловую установку приходится строить своими силами и средствами, следует отдавать предпочтение гидроротору перед всеми другими видами гидротурбин.

Важно отметить, что в будущем можно строить более мощные свободнопоточные установки, с несколькими гидророторами на одной паре поплавков. Такие более мощные агрегаты можно применять для электрификации речных несамоходных судов и барж (когда они находятся на стоянке или при их движении против течения), пристаней, береговых складов, рыбных промыслов, рыбопромышленных колхозов, а также для питания током электронасосных установок при поливе прибрежных огородов, для электрификации молотьбы и других сельскохозяйственных работ в прибрежной полосе.

Опорное устройство для гидроротора может быть разное. В дальнейшем приводится более подробное описание двух вариантов опорного устройства. Одно из них — с опорами «на салазках» — пригодно для установки на небольшой реке, например, шириной 7 *м* и глубиной 1 *м*. Второе устройство — «на поплавках» — делает гидроустановку пловучей и поэтому пригодной для установки почти на любом месте малой или большой реки, в том числе на более глубоких местах.

3. УСТАНОВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ЧИСЛА ОБОРОТОВ ГИДРОРОТОРА

У больших глубоководных рек (Днепр, Волга, Иртыш и др.) скорость течения воды (измеренная не при половодье) составляет около 1 *м/сек*. Поток воды с поперечным сечением в 1 $м^2$ при скорости 1 *м/сек* имеет мощность 0,49 *квт*. Учитывая потери энергии гидравлические (в гидророторе), механические (в передаче от гидроротора к генератору) и электрические (в генераторе), мы увидим, что от живой силы течения воды может быть использовано в виде электротока лишь около половины мощности, т. е. около 0,25 *квт*. Однако на реках имеются естественные перекаты, быстрины и т. п. места с большой скоростью течения, где применение свободнопоточной гидроустановки было бы намного выгоднее, так как здесь с 1 $м^2$ площади поперечного сечения потока можно получить в несколько раз большую мощность. Но, оказывается, как раз в этих местах глубина потока всегда намного меньше, чем на других участках той же реки. Между тем, глубина реки имеет тоже важное значение для свободнопоточной установки, так как глубина определяет диаметр гидроротора.

Мы уже знаем, что мощность водяного двигателя, использующего живую силу течения реки, зависит не только от скорости течения, но также и от величины площади поперечного сечения потока, занимаемой очертаниями целиком погруженного в поток рабочего колеса двигателя, т. е. в данном случае от диаметра гидроротора. Если река мелководная, то для определения диаметра гидроротора непременно надо промерить глубину реки в том именно месте, где предположено поставить свободнопоточную гидроэлектростанцию.

Гидроротор должен быть размещен в воде так, чтобы он был не только целиком погружен в воду, но чтобы крайние точки его очертания отстояли от дна реки и от поверхности воды не менее, чем на 150 *мм*, а еще лучше на 200 *мм*. На малых реках при наинизшем уровне воды редко можно встретить глубину более 1,5 *м*. Гораздо чаще встречается глубина в 1 *м*. При такой глубине реки диаметр гидроротора должен быть намного меньше этой величины, а именно, 0,6 *м*.

Поставим перед собой задачу построить на такой реке гидроэлектроустановку мощностью 300 *вт* (0,3 *квт*). Определим основные размеры гидроротора такой мощности, если скорость речного потока равна 1 *м/сек*.

Вспомним, что мощность гидроротора в *квт* определяется по формуле:

$$N = 9{,}81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta .$$

Здесь $Q = F \cdot V$ в $м^3$ *сек.*

Под буквой F подразумевается площадь проекции гидроротора (в $м^2$) при «наибольшем размахе лопастей», а под V — скорость течения в *м/сек.*

Принимая скорость $V = 1$ *м/сек,* мы получаем $Q = F \cdot 1 = F$.

В этих условиях скоростной или динамический напор

$$H = \frac{1}{19{,}62} = 0{,}05 \text{ } м.$$

Задаваясь мощностью $N = 0{,}3$ *квт* и величиной $\eta = 0{,}5$, получаем равенство:

$$9{,}81 \cdot F \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}5 = 0{,}245 \; F = 0{,}3 \text{ } квт.$$

Отсюда ясно, что площадь проекции гидроротора будет:

$$F = \frac{0{,}3}{0{,}245} = 1{,}22 \text{ } м^2.$$

Если принять «наибольший размах лопастей» равным 0,6 *м*, тогда длина гидроротора будет: $1{,}22 : 0{,}6 = 2{,}0$ *м.*

Число оборотов n гидроротора определяется по формуле:

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot R} \text{ } об/мин.$$

Здесь:

V — скорость течения в *м/сек*;

π — соотношение длины окружности к ее диаметру $= 3{,}14$.

R — радиус диска в *м*, или половина размаха лопастей гидроротора.

Число оборотов n гидроротора меняется в зависимости от скорости V течения. Заметим, кстати, что скорость течения реки, нормальная для большей части года, сильно возрастает во время паводков и половодий. Вместе с увеличением скорости течения V резко возрастает и мощность гидроротора. К примеру, если скорость течения V возрастет вдвое. то в соответствии со сказанным ранее (см. главу I) мощность гидроротора N возрастет в 8 раз. Если скорость возрастет втрое, мощность возрастет в 27 раз и т. д. Короче говоря, мощность возрастает в то же число раз, возведенное в третью степень (в куб).

Мощность и число оборотов данного гидроротора при разных скоростях V течения воды в реке[1].

V Скорость течения в *м/сек*	N Мощность в *квт*	n Число оборотов в минуту	V Скорость течения в *м/сек*	N Мощность в *квт*	n Число оборотов в минуту
0,8	0,154	26	2,0	2,354	64
1,0	0,294	32	2,2	3,194	70
1,2	0,518	38	2,4	4,147	77
1,4	0,822	45	2,6	5,273	83
1,6	1,230	51	2,8	6,585	89
1,8	1,749	57	3,0	8,900	96
			3,2	9,830	102

4. УСТРОЙСТВО ДИСКОВ И ПОДШИПНИКОВ ГИДРОРОТОРА

Применительно для поплавкового устройства опор свободнопоточной гидроэлектростанции лопасти и диски гидроротора лучше делать дощатые, так как при этом повышается плавучесть всей установки. Для варианта гидроустановки «на салазках» следует предпочесть (если есть возможность) лопасти из кровельного железа или листового алюминия.

Материалом для гидроротора может служить сосновый или еловый тес шириной 180 *мм*, толщиной 10 *мм* для лопастей и 40 *мм* — для дисков. Дисков необходимо изготовить 4 шт., из них два будут крайние и два — промежуточные. Диаметр дисков примем равным «наибольшему размаху лопастей» гидроротора, т. е. 600 *мм*. Каждый диск будем делать из квадратного щита, сбитого из восьми отрезков досок длиной

[1] Гидророторные свободнопоточные установки, рассчитанные на мощность более 1 *квт*, должны сооружаться с соблюдением повышенных запасов прочности как самого гидроротора, так и особенности его опорного устройства.

по 600 *мм*, уложенных крест на крест друг на друга в два слоя по 4 шт. Для четырех щитов надо заготовить 32 отрезка досок. Доски надо обстругать начисто. На полу или на выравненной площадке укладывают по 4 отрезка вплотную друг к другу. На них укладывают поперек второй слой из 4 отрезков и сколачивают оба слоя гвоздями толщиной 4 *мм*, длиной 105 *мм*. Выступающие с противоположной стороны концы гвоздей следует аккуратно загнуть так, чтобы конец каждого гвоздя, отогнутый вторично на длину 5 *мм*, вошел при загибе в древесину щита. Этим путем щиты будут предохранены от расслаивания.

Полученные четыре щита надо аккуратно опилить по окружности диаметром 600 *мм*. Для этого сначала вычерчивают на каждом щите окружность радиусом 300 *мм* при помощи самодельного циркуля, состоящего из планки длиной 300 *мм*, и двух гвоздей (рис. 5). При опиливании щита надо

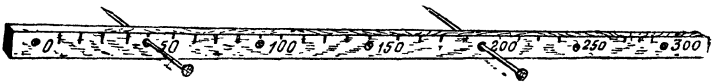


Рис. 5. Самодельный деревянный циркуль

следить, чтобы и на другой стороне щита образовалась правильная окружность того же диаметра. С этой целью через центр окружности на первой стороне щита надо просверлить тонким сверлом или пробить гвоздем сквозное отверстие и этим обозначить центр окружности, которую надо вычертить на второй стороне щита.

Затем на одной поверхности диска вычерчивают тем же циркулем две полуокружности для очертания лопастей гидроротора.

Прежде чем указать радиус полуокружности для лопастей, отметим весьма важное условие, которому должен удовлетворять правильно построенный гидроротор, а именно: расстояние *е* (рис. 6) между внутренними краями обоих полуцилиндров должно равняться $^2/_3$ размера *с*, определяющего ширину входного устья канала между лопастями гидроротора. Через это устье входит струя воды в гидроротор и оказывает давление на внутреннюю стенку первой лопасти. Дальше она проходит через внутренний канал шириной *е* и, попадая на внутреннюю поверхность второй лопасти, оказывает на нее вторичное давление, а затем выходит из гидроротора, отсасываемая наружным потоком воды.

При всех других соотношениях между размерами *е* и *с*

работа гидроротора и его мощность изменяются в худшую сторону. Поскольку основным размером всякого гидроротора является «наибольший размах лопастей», приравненный в нашем случае к диаметру диска ротора и обозначаемый буквой *D*, все остальные размеры приведены к этой величине. Тогда ширина канала *e* будет равна 25% от *D*, ширина входного устья *c* будет равна 37,5% от *D* и ширина лопасти или

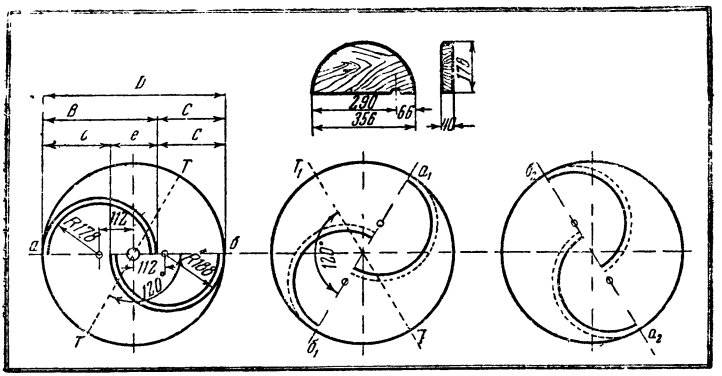


Рис. 6. Схема построения очертаний полуцилиндрических лопастей гидроротора. Накладка, к которой прибиваются лопасти, показана отдельно в верхней части рисунка

диаметр полуцилиндра *B*—62,5% от *D*. Если диаметр гидроротора принят равным 600 *мм*, то отсюда следует, что *e*-150 *мм*, *C* = 225 *мм*, *B* = 375 *мм*.

Так как ширина лопасти *B* равна диаметру полуцилиндра, то радиус этого полуцилиндра будет в 2 раза меньше ширины *B*, т. е. округленно он равен 188 *мм*. Учитывая, что стенки лопастей будут сделаны из отрезков шелевки толщиной 10 *мм*, получаем, что радиус очертания внутренней поверхности полуцилиндра должен быть равен 178 *мм*. Центр этой полуокружности должен быть расположен на линии *а—б* на расстоянии 112 *мм* от центра диска. Центр другой полуокружности будет расположен на том же расстоянии по другую сторону от центра диска (рис. *6*, слева).

Своими концами шелевочные планки, из которых состоят обе лопасти, должны быть прибиты к двум деревянным накладкам, прикрепленным к диску. Каждая накладка— это отрезок доски толщиной 40 *мм*, имеющий очертание полукруга радиусом 178 *мм* (рис. 6, вверху). Обе накладки прибиваются

большими гвоздями к диску на заранее вычерченных полуокружностях. Надо следить, чтобы накладки не имели трещин.

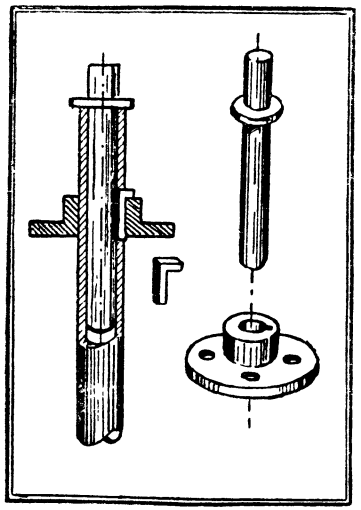


Рис. 7. Способ крепления на трубчатом валу шипа (цапфы) шпонки металлического фланца для диска гидроротора

В центре диска должно быть просверлено отверстие для металлического вала. Диаметр отверстия соответствует диаметру вала. В качестве вала может быть взята труба диаметром от 35 до 50 *мм* и длиной 2,5 *м*.

По приведенному выше описанию изготовляют два крайних диска гидроротора. Эти диски несколько отличаются от двух промежуточных дисков. Дело в том, что к каждому промежуточному диску секции гидроротора примыкают с обеих сторон. Значит накладки для крепления лопастей двух секций должны быть прибиты по обе стороны каждого из промежуточных дисков.

Выше уже говорилось, что своими двумя промежуточными дисками гидроротор делится на три секции с тем, чтобы плоскость, мысленно проведенная по четырем кромкам лопастей одной секции, приходилась под углом 120° к такой же плоскости смежной секции.

Прибив накладки на одной стороне первого промежуточного диска, проводят карандашом на той же стороне диска через его центр линию *Т—Т* под углом 120° к средней линии *а—б*, соединяющей все четыре кромки лопастей (см. пунктирную линию *Т—Т* на левой крайней фигуре рис. 6). После этого обе концевые точки линии *Т—Т* с одной стороны диска карандашом переводят на другую сторону диска, соединяют полученные точки линией, проходящей через центр диска, и делают построение очертаний второй пары полуцилиндрических лопастей уже на этой стороне диска. Прикреплением двух пар накладок к обеим сторонам диска заканчивается изготовление первого промежуточного диска. Переходят к таким же построениям полуокружностей на втором промежуточном диске.

На передней плоскости этого диска (см. среднюю фигуру на рис. 6) также проводят линию T_1—T_1 под углом 120° к линии a_1—$б_1$. Точки T_1—T_1 переводят на противоположную сторону того же диска и делают на ней построение полуокружностей для последней пары лопастей. Такое же построение полуокружностей делают и на одной (внутренней) стороне второго крайнего диска (см. правую крайнюю фигуру на рис. 6). В результате все три линии $а$—$б$, a_1—$б_1$ и a_2—$б_2$ должны приходиться под углом 120° одна к другой. Таким путем будет обеспечено устранение вредного влияния «мертвого положения» лопастей гидроротора.

Сборку дисков на валу, а также прибивку к накладкам на них шелевок для образования лопастей, удобнее делать, подставив под оба конца вала невысокие козлы.

Для крепления обоих крайних дисков на вал должны быть насажены (снаружи ротора) две металлические втулки с фланцами, имеющими по четыре отверстия для болтов ¼ дюйма. От провертывания на валу эти втулки удерживаются шпонками (рис. 7). Втулки, а также вал можно подобрать из старых деталей. Вал может быть сделан из газовой трубы.

Особого внимания требует к себе устройство подшипников для вала гидроротора. Дело в том, что металлические подшипники, даже шариковые, целиком погруженные в воду, работают плохо. Гораздо лучше в этих условиях использовать текстолитовые, а за неимением таковых, деревянные подшипники.

При работе в воде более подходящим материалом для вкладышей подшипника (после текстолита) является древесина твердых пород: дуб, ясень, клен и др.

Изготовить самостоятельно подшипник из дерева значительно легче, чем из металла. Для поплавкового варианта гидроустановки деревянный подшипник более приемлем потому, что он повышает плавучесть всей гидроустановки. Деревянный подшипник обладает наибольшей прочностью и долговечностью, когда он работает торцовой своей частью, т. е. когда силы трения вращающегося вала направлены поперек, а не вдоль волокон древесины. Поэтому надо, чтобы вращающаяся в подшипнике цапфа или шейка (шип) вала, по возможности со всех сторон, была окружена торцовой стороной деревянных вкладышей. В этом отношении для гидророторов малой мощности (до 1 *квт*) наиболее целесообразным является нижеследующее устройство самодельного деревянного подшипника (рис. 8).

На горизонтальный опорный брус *1* стойки гидроротора

сечением 150 × 150 *мм* накладываются стоя пять дощечек *2, 3, 4, 5, 6* прямоугольной формы. Из них крайние дощечки *2* и *6* и средняя *4* имеют толщину по 40 *мм* и поставлены так, что волокна древесины их имеют вертикальное направление, а у дощечек *3* и *5* — горизонтальное. Дощечки *3* и *5* имеют толщину по 30 *мм*. Все эти пять дощечек играют роль деревянных вкладышей самодельного деревянного подшипника.

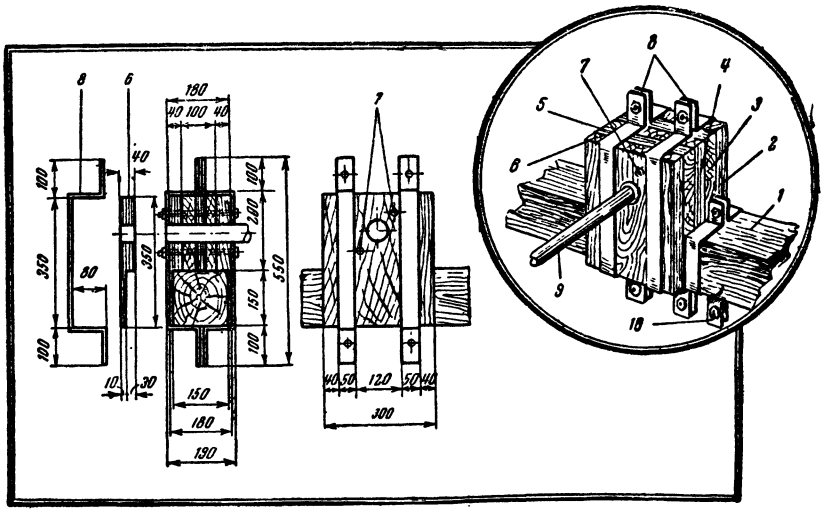


Рис. 8 Самодельный деревянный подшипник для гидроротора: *1* — опорный брус для подшипника: *2* и *6* — крайние дощечки-вкладыши; *3, 4, 5* — средние вкладыши: *7* — стяжные болты; *8* и *10*— хомуты; *9*—вал гидроротора

Средние дощечки *3, 4* и *5* имеют высоту 200 *мм*. Крайние дощечки *2* и *6* сделаны высотой по 350 *мм*, но имеют вырез внизу на высоте 150 *мм* от нижней кромки и на глубину 30 *мм*. Этим вырезом они опираются на брус *1*. Все дощечки должны быть плотно стянуты двумя сквозными болтами *7* диаметром $^5/_{16}$ дюйма и охвачены двумя парами хомутов *8* из полосового железа 50 × 5 *мм*. Хомуты на своих концах имеют отверстия для крепежных болтов диаметром $^5/_{16}$ дюйма.

Каждый подшипник собирают сначала начерно следующим образом. Обработанные дощечки-вкладыши собирают вместе, надевают на них обе пары хомутов и крепко стягивают болтами. Затем просверливают в них два сквозных от-

верстия диаметром 8 *мм*, продевают через них болты *7* и туго стягивают гайками. После этого просверливают в дощечках отверстие для вала *9* соответственно его диаметру.

Болты *7* не только должны стягивать все дощечки между собой, но и препятствовать дощечкам *3* и *5* (с горизонтально расположенными волокнами древесины) сместиться в стороны. Выполнение этого условия имеет важное значение, так как при воздействии боковых усилий, стремящихся сместить вал в горизонтальном направлении (например, вследствие давления потока на гидроротор), шейка вала будет опираться на поверхность дощечек *3* и *5* с поперечным расположением древесных волокон. Поэтому эти дощечки будут эффективно выполнять свою роль вкладышей подшипника, так как болты *7* будут удерживать их от бокового смещения. Под головки и гайки болтов *7* надо подложить широкие шайбы.

Чтобы под давлением потока воды сам деревянный подшипник не смещался вдоль бруса *1*, за подшипником следует установить еще одну пару хомутов *10*, которая будет служить надежным упором. Такой же упор должен быть установлен и возле второго подшипника на другом брусе.

5. ОБШИВКА ЛОПАСТЕЙ

Положив вал (без подшипников) на временные опоры и придав ему горизонтальное положение, укрепляют на нем обе втулки с крайними дисками, а также два промежуточных диска. Затем приступают к прибивке шелевочных планок (лопастей) к накладкам дисков. Для этой цели предварительно из шелевки шириной 180 *мм* нарезают планки длиной по 665 *мм*. Каждую планку распиливают в продольном направлении пополам и таким образом получают более узкие планки шириной по 90 *мм*. На одну лопасть требуется 6 таких планок. Следовательно, для 6 лопастей (для трех секций ротора) понадобится 36 планок.

Обшивка лопастей должна быть выполнена так, чтобы она обеспечивала достаточную плавность криволинейной поверхности лопасти и вместе с тем хорошую водонепроницаемость в местах стыковых соединений между продольными гранями смежных планок. Ниже приводится описание четырех способов обшивки с тем, чтобы предоставить читателю возможность выбора того из них, который будет наиболее легким для самостоятельного выполнения.

На рис. 9,*а* показан способ прибивки планок к накладке в прямой стык друг к другу. Это наиболее простой, но и наименее надежный способ крепления, так как он не вполне обеспечивает водонепроницаемость в местах стыкового соприкасания планок. Несколько лучшим будет способ крепления, показанный на рис. 9,*б*. Здесь края планок скошены под углом 18° и могут перекрывать друг друга на длину 18 *мм*. Благодаря этому обеспечивается достаточная водонепроницаемость. При этом способе крепления на одну лопасть потребуется не 6, а 7 планок. Планки прибива-

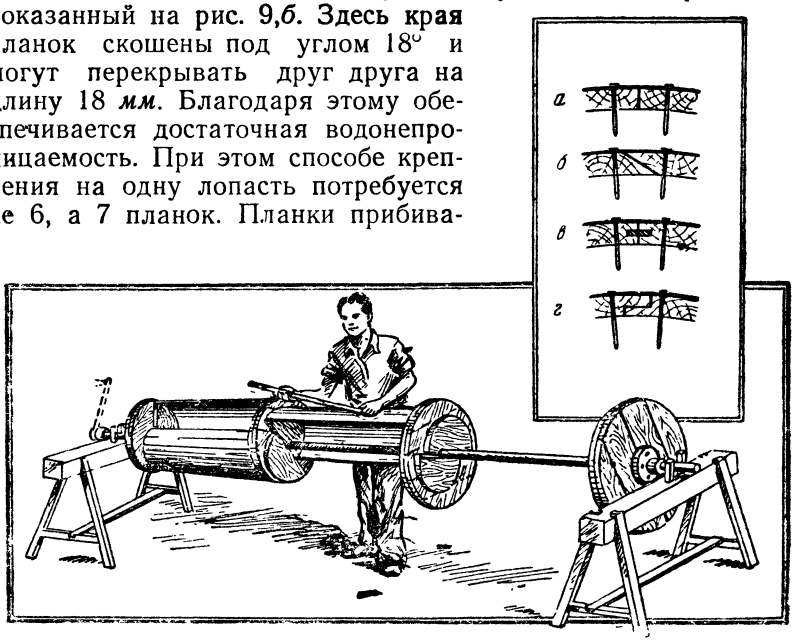


Рис. 9. Сборка гидроротора

ют гвоздями, которые надо заранее заершить. На поверхность собираемой лопасти накладывается узкая лента из оцинкованного железа, и через нее забиваются в планки лопасти нетолстые гвозди с широкими шляпками.

Первую с края планку накладывают так, чтобы своей второй заостренной кромкой она прилегала вплотную к поверхности накладки. Следующая за ней планка своим косо срезанным краем должна ложиться на срезанный край уже прибитой планки и т. д.

Более надежным в отношении водонепроницаемости, но и более сложным по выполнению является третий способ (рис. 9, *в*), требующий применения так называемой потайной рейки Рейка — это узкая деревянная лента толщиной 2 *мм*, шири-

ной 10 *мм*, закладываемая в виде шпунта в пазы между двумя смежными планками. Практически это делается так. Сначала прибивают первую планку с готовым пазом, в который затем забивают деревянной киянкой рейку-ленту. Под киянку при ударе подкладывают плашмя деревянную линейку. Затем берут вторую планку, надевают ее паз на край рейки и легкими ударами киянки плотно вгоняют рейку в паз этой планки. После этого прибивают эту планку гвоздями к обеим накладкам дисков. Таким же способом прибиваются и последующие планки лопасти.

При четвертом способе крепления планок (рис. 9, *г*) на их краях делаются вдоль всей длины вырезы в виде уступов, плотно накладывающихся друг на друга. При этом способе крепления на одну лопасть требуется семь планок.

Следует отметить, что в качестве обшивки может быть применена и фанера, в особенности многослойная. Это упростило бы все операции и дало бы возможность получить хорошую плавность изгиба поверхности лопасти и обеспечить полную водонепроницаемость. Однако фанера в условиях работы в воде будет очень недолговечной, и поэтому часто придется ее сменять. Наиболее надежным материалом для обшивки лопастей было бы кровельное железо или листовой алюминий. При возможности следует отдавать предпочтение именно этим материалам — в особенности при устройстве гидроустановки «на салазках».

Применяя обшивку из кровельного железа или алюминиевых листов, надо увеличить ее жесткость, добавляя по одной промежуточной деревянной накладке внутри каждой лопасти примерно посредине между двумя дисками гидроротора. Тогда обшивку прибивают к этой накладке гвоздями с широкими шляпками.

Укрепив лопасти одной секции гидроротора, переходят ко второй секции, а затем и к третьей. На рис. 9 показан гидроротор в трех стадиях изготовления. Оба конца вала гидроротора установлены на козлах. На правой стороне рисунка показана начальная стадия постройки секции гидроротора. Здесь крайний (правый) диск надет на вал и прикреплен к нему с помощью металлической втулки на четырех болтах. К первому промежуточному диску прикреплены две полукруглые накладки, к которым прибиваются планки обшивки лопастей. Такие же две накладки прибиты с левой стороны этого промежуточного, а также крайнего (правого) диска и поэтому на рисунке не видны. Здесь лопасти еще не прибиты. К паре

верхних накладок средней секции гидроротора прибиты планки обшивки одной лопасти. Здесь изготовление третьей секции закончено. Остается только проточить на ободе крайнего (левого) диска желобок для ремня.[1] Проточку желобка следует делать по окончании сборки всего гидроротора, когда он еще не снят с козел. Сначала с помощью острого ножа и стамески вырезается неглубокий след для желобка (глубиной до 10 *мм*). Затем к ободу диска подносят резец, укрепляемый на вспомогательной подставке. К концу вала прилаживают рукоятку (она показана пунктиром слева), за которую вращают ротор.

Собранный трехсекционный гидроротор необходимо отбалансировать, т. е. добиться того, чтобы он был строго уравновешенным. Для этой цели надевают подшипники на концы вала и временно прикрепляют их к козлам. Устанавливают гидроротор строго горизонтально и проверяют, достаточно ли свободно вращается вал в подшипниках. Для этого сообщают ротору вращательное движение и наблюдают за моментами его остановки. Если при каждой остановке ротор поворачивается книзу любой своей стороной, т. е. если он наподобие шара обладает безразличным равновесием, значит он правильно отбалансирован. Если же, наоборот, при каждой остановке ротор неизменно принимает одно и то же положение, т. е. поворачивается одной и той же половиной книзу, то это означает, что данная половина тяжелее.

Такой ротор является неотбалансированным и во время работы (вращения) будет испытывать биения, что будет разрушающе действовать на всю установку и очень скоро выведет ее из строя.

Отбалансировать неуравновешенный ротор можно тем, что к каждому диску на более легкой стороне ротора прикрепляют дополнительный груз. Практически это выполняется так: со стороны более легкой половины ротора к каждому диску возле торцовой кромки и непременно в одних и тех же местах прибивают по одинаковому отрезку полосового железа. После этого опять проверяют ротор и, в зависимости от необходимости, увеличивают или уменьшают дополнительный груз на каждом диске. Этим путем можно достаточно точно отбалансировать ротор.

---

[1] Проточку желобка делают на торце (ободе) того диска, который будет расположен ближе к берегу реки (с которого и будет осуществляться уход за установкой).

6. УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ

Вращательное движение с ротора на генератор передается с помощью специального устройства: одноступенчатой передачи или трансмиссии. При этом ротор соединяется текстропным ремнем с генератором или непосредственно (одноступенчатая передача), или через трансмиссию.

Поверхность желобка должна быть правильно выточена, чтобы при вращении ротора ремень не заедало и чтобы он не выскакивал из желобка.

При скорости воды 1 *м/сек*, когда генератор развивает мощность 0,3 *квт*, ремень должен выдерживать усилие на разрыв не более 9 *кг*. Это показывает, что вместо текстропного можно применять резиновый ремень, изготовив его из куска утильной автомобильной камеры. Для этой цели кусок камеры аккуратно разрезают в виде спиральной ленты одинаковой ширины (20 *мм*) на всем ее протяжении. Этим способом из небольшого куска камеры можно вырезать довольно длинную резиновую ленту. Ее нужно закрутить жгутом так, чтобы получилось подобие круглого ремня. Концы такого ремня надо прочно склеить хорошим резиновым клеем. Длина ремня должна быть подобрана так, чтобы он туго надевался на шкивы и сохранял необходимое натяжение.

Для генератора мощностью более 0,3 *квт* резиновый ремень непригоден.

При скорости течения воды в реке 1 *м/сек* гидроротор описанных конструкций и размеров будет совершать 32 оборота в минуту. В случае применения тихоходного электрогенератора, совершающего 750 оборотов в минуту, соотношение передачи получается 1 : 24. Это означает, что при диаметре желобчатого диска ротора в 600 *мм*, диаметр желобчатого шкивка на валу генератора должен быть равен 25 *мм*. Тогда достаточно иметь одноступенчатую передачу, т. е. можно передать вращение ротора на шкивок генератора без промежуточной трансмиссии. Однако на местах в редких случаях удается достать тихоходный генератор. Чаще всего приходится применять быстроходные генераторы, совершающие 1 500 или 3 000 оборотов в минуту. При таких генераторах соотношение передачи получается 1 : 48 или же 1 : 96. Для осуществления такой передачи потребуется промежуточная трансмиссия.

Промежуточную трансмиссию устраивают в виде стального валика с шарикоподшипниками, имеющего два желобчатых шкива. Один из них, меньший, должен иметь диаметр 60 *мм* (т. е. первая передача 1 : 10). Диаметр второго большого шкива промежуточной трансмиссии будет зависеть от числа оборотов генератора. Так, если генератор имеет 1 500 *об/мин* и

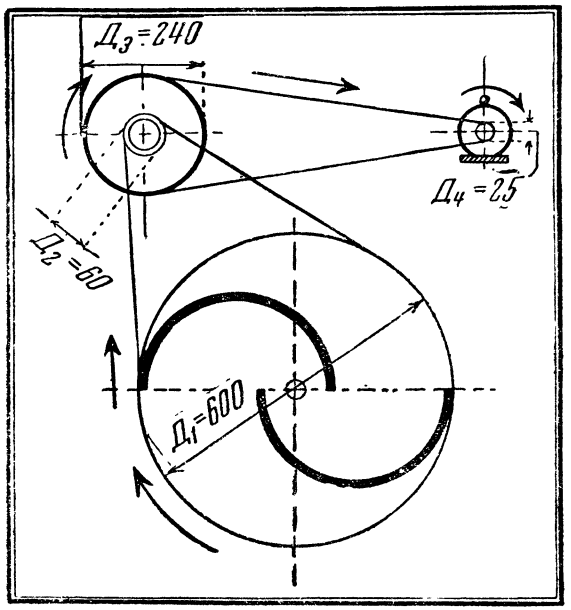


Рис. 10. Схема передачи

на нем стоит шкивок диаметром 25 *мм*, тогда большой шкив промежуточной трансмиссии должен иметь диаметр 120 *мм* или же вдвое больший , если генератор делает 3 000 *об/мин*. Схема передачи изображена на рис. 10.

В случае применения текстропного ремня, лучше делать для второй передачи шкивок на генераторе несколько большего диаметра, чем 25 *мм*. Соответственно этому и большой шкив промежуточной трансмиссии должен иметь больший указанного выше диаметр. Промежуточную трансмиссию укрепляют с одного края мостика возле вертикальных стоек каркаса, а генератор — с другого края мостика.

7. УСТРОЙСТВО ОПОР ГИДРОРОТОРА „НА САЛАЗКАХ"

Переходим к описанию устройства опор для подшипников гидроротора. Сначала рассмотрим устройство бревенчатых опор каркасного типа («на салазках»), устанавливаемых непосредственно на дне неглубокой реки (рис. 2 и 11). Представим себе, что в данном месте за все время года, исключая периоды разлива и маловодья, обычная ширина реки равна *7 м*, а ее наибольшая глубина — *1 м*.

Запомним, кстати, что для установки гидроротора надо выбирать такое время года, когда уровень в реке наименьший из всех возможных в течение весны, лета и осени.

Всю гидроустановку целиком собирают на берегу, а затем спускают ее на катках и канатах на воду. Сборка производится на специально выровненной площадке вблизи от береговой линии. Сначала собирают бревенчатые каркасы опорных стоек.

Основой каждой стойки являются два вертикальных бревна *1* толщиной не менее 200 *мм*, длиной по 2,1 *м*. Между бревнами оставляют просвет шириной 1 *м*. Поперек каждой пары бревен прикрепляют три горизонтальных бруса *2, 5, 6;* из них брус (или толстая доска) *5* крепится к верхней части стойки, брус *2* — к средней и брус *6* — к нижней части. Именно нижние брусья *6* являются опорными для подшипников гидроротора. Длина каждого поперечного бруса не менее 1,4 *м*, его сечение — 150 × 150 *мм*. Верхнюю поперечину *5* можно делать не из бруса, а из доски сечением не менее 250 × 80 *мм*. Брусья *6* крепятся на расстоянии 0,5 *м* от нижнего конца бревна *1*, так как ось вращения ротора должна быть расположена на расстоянии не менее 0,5 *м* от основания салазок.

Скрепляются стойки между собою в верхней части доской *3*. Такая доска вырезами насаживается на брусья *5* и прочно крепится к ним железными хомутами. Размеры этой доски: длина 2,8 *м*, сечение 250 × 80 *мм*. Кроме того, для увеличения продольной жесткости по обоим бокам каждого вертикального бревна *1* укрепляют подкосы *4* — доски длиной 3 *м*, шириной 250 *мм* и толщиной 20 *мм*. Таких подкосов нужно заготовить 4 штуки.

К паре вертикальных бревен *1*, составляющих береговую стойку (т. е. устанавливаемую с той стороны гидроротора, где находится его желобчатый диск), на уровне поперечины *2*

прикрепляют снаружи каркаса еще четвертую поперечину *10* сечением 150×150 *мм*. На одном конце поперечины *10* и бруса *2* монтируется промежуточная трансмиссия, а на другом — генератор. Порядок расположения их показан на перспективном изображении (рис. 2), где слева видна промежуточная трансмиссия, а генератор и его шкивок показаны справа.

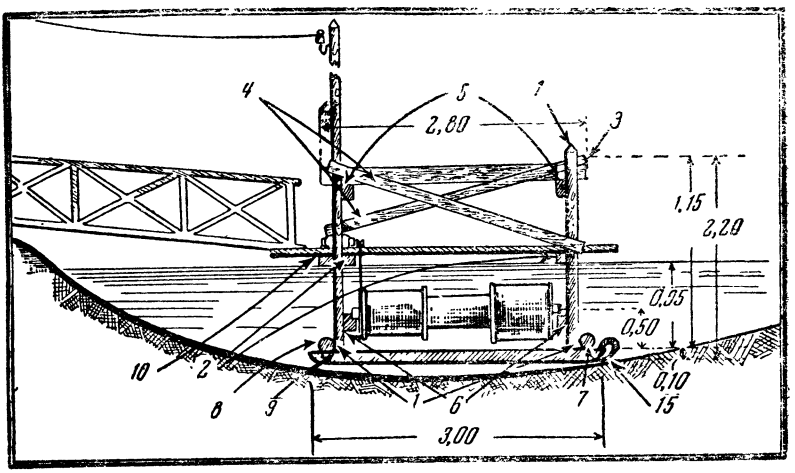


Рис. 11. Роторная гидротурбина с каркасом, установленным «на салазках» поперек течения небольшой реки: *1* — стойки каркаса; *2* — средние поперечные брусья; 3 — горизонтальная продольная доска, соединяющая обе стойки в их верхней части; *4* — подкосы, увеличивающие жесткость каркаса; *5* — верхние поперечины; *6* — опорные поперечные брусья, на которых смонтированы подшипники гидроротора; *7* и *8* — нижние поперечные бревна; *9* — нижние продольные пластины — салазки; *15* — ноуш на средней салазке для крепления каната (при перетягивании каркаса поперек реки)

На той же береговой стойке (рис. 2 и 11, слева) нужно укрепить нижние концы двух подкосов 4. Они должны находиться выше приводного ремня, идущего от шкива промежуточной трансмиссии к генератору. Из двух вертикальных бревен береговой стойки одно должно иметь длину не менее 5 *м* с тем, чтобы верхний его конец возвышался над уровнем реки на 4 *м*. К этому концу бревна прикрепляются на изоляторе токоотводные провода от генератора станции и затем под-

водятся к столбу, установленному на берегу. Столб на берегу устанавливается вверх по течению по отношению к гидроустановке. Делается это с той целью, чтобы электропровод придавал большую устойчивость гидроустановке.

Кроме трех поперечин *2, 5, 6,* каждая стойка укреплена парой крестообразно расположенных раскосов, повышающих поперечную жесткость стойки. Вертикальные бревна стоек погружены в воду примерно на половину своей длины: длина выступающих наружу их частей достигает 1,15 *м*. В нижней части каждой стойки имеется еще по одной удлиненной бревенчатой поперечине *7* и *8*. Удлиненный конец такой поперечины выступает на 2 *м*. Благодаря этому создается надежный упор, препятствующий опрокидыванию установки силой течения. В такой выступающий конец каждая стойка упирается двумя подкосами. Верхний конец каждого подкоса врублен в вертикальное бревно стойки и скреплен с ним заершенной скобой. Нижние концы подкосов врублены в удлиненный конец поперечин *7* и *8* и также укреплены заершенными скобами.

Своими нижними шипами вертикальные бревна *1* входят в гнезда, выдолбленные в паре продольных полозьев салазок *9*. Кроме посадки на шипы, салазки надежно крепятся к этим бревнам заершенными скобами. Посредине между полозьями располагается точно такая же третья шина салазок, прикрепляемая к поперечинам *7* и *8* и нижним концам бревен *1*. Полозья делают одинаковой длины (по *3 м*) с закругленными кверху концами (рис. 11). Салазки имеют двоякое назначение: они повышают прочность и жесткость крепления нижней части всего каркасного устройства и одновременно облегчают передвижение собранного каркаса при спуске в реку гидростанции и извлечении ее из воды на берег.

До спуска в реку собранную гидростанцию оснащают канатами, а более мощные установки — тросами и цепями.

С этой целью к средним поперечинам *2* и нижним *7* и *8* с верховой стороны установки надежно прикрепляют четыре скобы-коуши [1], служащие для крепления канатов (рис. 11). Пятый коуш крепят к концевой части средней салазки.

---

[1] Под словом «коуш» подразумевается железная скоба, прикрепленная к бревну с помощью сквозного болта. Для этой цели оба конца скобы выгибаются в виде колец, сквозь которые и проходит крепежный болт.

8. СПУСК ГИДРОУСТАНОВКИ НА ВОДУ

Подготовительные работы и способ спуска гидроустановки на воду на небольшой реке сводятся к следующему.

Допустим, каркас с гидроротором собирают на левом берегу (рис. 12). На обеих сторонах реки, поближе к береговой

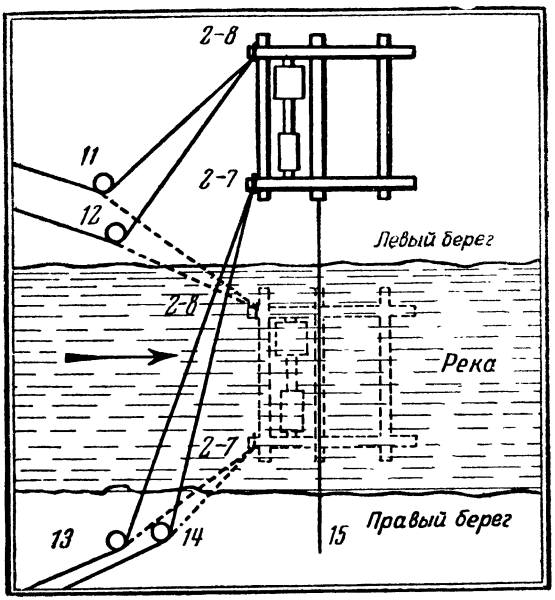


Рис. 12. План расположения каркаса с гидроротором «на салазках» перед спуском в воду. Пунктиром показано положение каркаса после его спуска в воду: *2* и *7*; *2* и *8*—верхние и нижние поперечины каркаса; *11* — канат, привязанный к коушу нижней поперечины *8*; *13* — канат, привязанный к коушу нижней поперечины *7*; *12* и *14* — канаты, привязанные к коушам двух верхних поперечин *2*; *15* — тяговый канат, временно перекинутый через коуш, прикрепленный к переднему вылету средней салазки

линии, закапывают в землю по два толстых столба *11*, *12*, *13* и *14* так, чтобы они были расположены на 3—4 *м* выше по течению по отношению к гидроустановке.

Ко всем коушам каркаса надежно прикрепляют по длинному канату. Два каната, отходящие от коуша *2* к колу *11* и от

коуша *8* к колу *12*, должны быть длиной по 10 *м*. Другие два каната, отходящие от коуша *2* (на второй стойке) к колу *13* и от коуша *7* к колу *14*, должны быть длиной по 16 *м*, так как их придется перекинуть через реку с левого берега на правый. Длина пятого каната, прикрепленного к средней шине салазок (канат *15*), должна быть не менее 20 *м*. Второй конец этого каната также перекидывается на противоположный берег реки[1]. Концы каната *15* должны быть оставлены свободными для того, чтобы после установки станции на свое место в реке его можно было бы выдернуть из коуша. Поскольку четыре других каната после установки гидроротора в реке должны быть прикреплены к кольям для придания устойчивости станции, концы этих канатов так и остаются привязанными к коушам.

Теперь приступают к самой ответственной части работы по установке станции в реке. Работы эти ведутся под наблюдением руководителя бригады и по его команде. Концы канатов должны быть все время в руках у членов бригады. Каждый из них заводит конец своего каната за свой кол и, натягивая или ослабляя (стравливая) его, участвует в спуске гидростанции с берега в воду.

Под салазки стоящего на берегу каркасного устройства подкладывают катки — 3—4 отрезка круглых бревен длиной 1,5 *м*. Прежде чем начать спуск каркаса в воду, руководитель работами путем личного осмотра должен убедиться, что канаты нигде не защемлены и что длина каждого из них достаточна для передвижения каркаса на намеченное расстояние и для закрепления их за колья.

По команде руководителя члены бригады придвигают каркас поближе к воде. Им помогают и члены бригады, приставленные к оттяжным кольям. Одна часть из них тянет за канаты, а вторая травит свои канаты. Как только каркас будет спущен на воду, все члены бригады должны строго следить за тем, чтобы каркас сохранял нормальное (вертикальное) положение не только в начальный момент спуска на воду, но и после окончательного закрепления канатов к кольям.

Большая ответственность при передвижении каркаса лежит на члене бригады, приставленном к канату *15*. Сильно натягивая оба конца своего каната, он в основном направляет сооружение поперек русла реки. Поэтому, если для выполнения этой работы усилий одного человека недостаточно, ру-

---

[1] Если ширина реки превышает *7 м*, то необходимо соответственно увеличить и длину каждого каната.

ководитель должен поставить у этого каната двух и более человек.

После спуска каркаса в воду и закрепления его канатами к кольям, вспомогательный канат *15* выдергивают из коуша. На каркас перекидывают мостик с того берега, с которого будет осуществляться обслуживание гидростанции. Для большей устойчивости каркаса полезно наложить на его доски груз в виде тяжелых плит, камней и т. п.

9. УСТРОЙСТВО ОПОР ГИДРОРОТОРА НА ПОПЛАВКАХ

Другим вариантом устройства описанной гидроэлектростанции является установка ее «на поплавках». Такую свободнопоточную гидроэлектростанцию можно устанавливать на любом месте как малой, так и большой реки и даже на самых глубоких местах. Для этой цели устраивают два жестко соединенных друг с другом бревенчатых поплавка (рис. 13). На один из них перекинут с берега мостик. Поплавки удерживаются на месте с помощью якорей и канатов, тросов или цепей подобно речной барже.

Для гидроротора интересующей нас небольшой мощности в 300 *вт* поплавки могут быть сделаны в виде двух плотов, сбитых из круглых бревен возможно большей длины, но не менее 6 *м*. Ближайший к берегу поплавок составляется из пяти бревен толщиной по 250 *мм* (или больше), а второй — из четырех бревен. Бревна соединены друг с другом с помощью железных скоб с заершенными концами (рис. 13). Расстояние между поплавками в свету равно 2,4 *м*. Оба поплавка жестко скрепляются друг с другом при помощи шести досок толщиной по 80 *мм* и шириной 250 *мм*. Две из них длиной по 4,85 *м* укладываются наискось (рис. 14), а остальные четыре доски длиной по 4,65 *м* — попарно поперек средней части плотов. Между обеими парами этих досок оставляется свободный промежуток шириной не менее 1,2 *м*. Через это свободное пространство опускаются в воду деревянные кронштейны, поддерживающие подшипниковые опоры гидроротора. Поперечные доски крепятся к каждому бревну плотов при помощи плотно обхватывающих их заершенных скоб, но отнюдь не гвоздей или болтов, так как последние не обеспечивают достаточной жесткости и прочности крепления и способствуют образованию трещин в досках.

Особого внимания требует устройство деревянного карка-

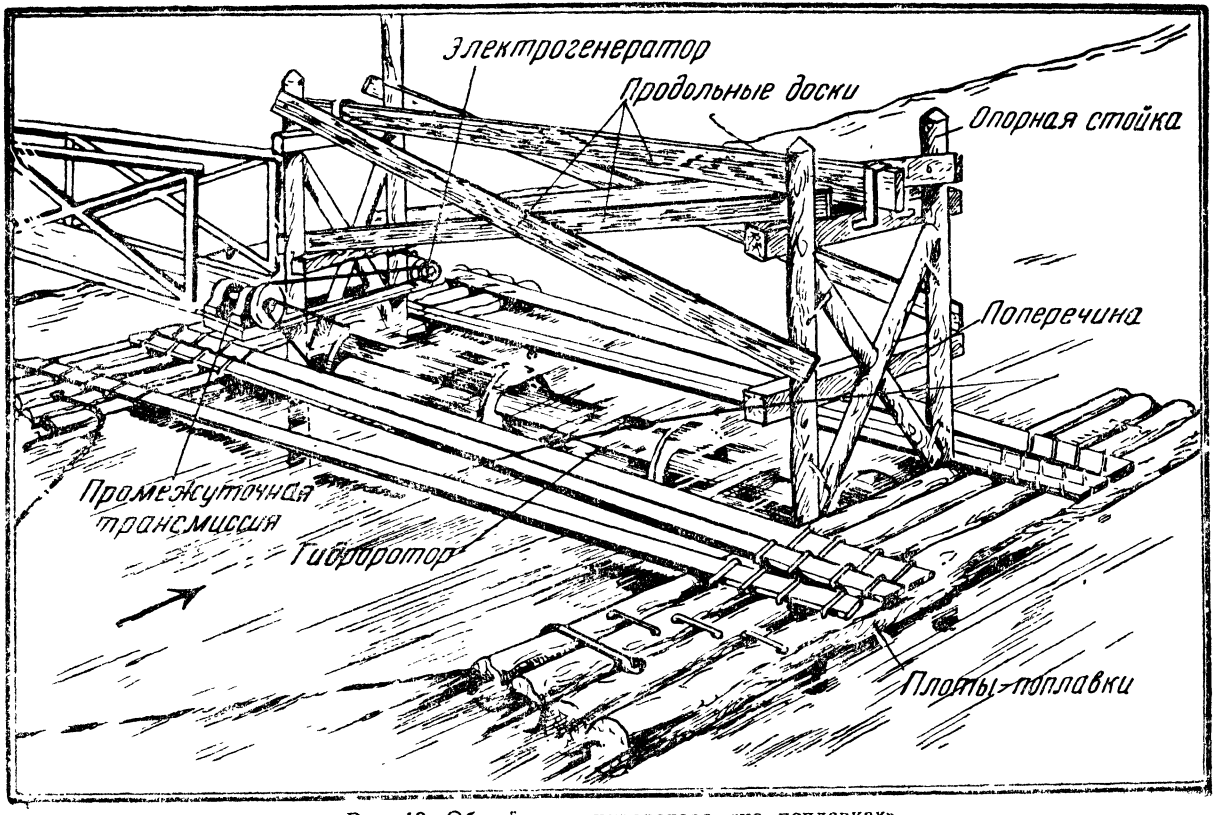


Рис. 13. Общий вид гидроротора «на поплавках»

са опорных кронштейнов, сборка которых может производиться независимо от сборки плотов-поплавков. Переходим к описанию этого устройства.

Основой каждого кронштейна являются две стойки, выполненные из бревен или досок толщиной 80 *мм*, шириной 250 *мм* и длиной по 2,1 *м* (рис. 13). Между стойками оставляется просвет 0,5 *м*. Поперек к каждой паре стоек прикрепляются с помощью болтов поперечины. Береговая пара стоек имеет четыре такие поперечины, а вторая пара стоек—три такие поперечины. Нижние поперечины на обеих парах стоек служат опорами для подшипников гидроротора. Они делаются из брусьев сечением 150×150 *мм* и прикрепляются на таком расстоянии от нижнего конца стойки, чтобы ось вращения гидроротора находилась на 0,5 *м* выше этого конца стойки.

Обе верхние поперечины на стойках могут быть сделаны из досок сечением 250×80 *мм*. Третья поперечина на левой (береговой) паре стоек прикрепляется к ним на уровне поверхности бревен поплавков. Ее сечение — 150×150 *мм*. Эта поперечина служит опорой для промежуточной трансмиссии, устанавливаемой на одном ее конце, и для генератора, устанавливаемого на втором ее конце. Для продольной связи между двумя кронштейнами на верхние поперечины накладывается ребром доска, сечением 250×80 *мм*, длиной 2,85 *м*. Она прикрепляется к обеим поперечинам фасонными скобами. Кроме того, для увеличения продольной жесткости каркаса по обоим бокам каждой стойки прибивают подкосы *4*, представляющие собою доски длиной по 3 *м*, шириной 250 *мм* и толщиной 20 *мм*. Таких подкосов нужно заготовить 4 штуки. На береговой паре стоек (рис. 13, слева) нижние концы двух подкосов надо крепить выше генератора с тем, чтобы они не соприкасались с приводным ремнем, идущим от шкива промежуточной трансмиссии к генератору, и чтобы удобно было его снимать и надевать на шкивы.

По изготовлении каркасного устройства собирают на нем гидроротор на деревянных подшипниках и проверяют, насколько легко он вращается. Как сборку каркасов, так и сборку плотов-поплавков производят на берегу реки на специально выровненной площадке. По окончании сборки всей установки проверяют, насколько свободно входят стойки кронштейнов в оставленное пространство между поплавками. При необходимости делают соответствующие вырубки в бревнах или накладки, которые потом будут удерживать кронштейны от смещения в горизонтальном направлении (под действием течения реки).

Закончив эту работу, спускают поплавки на воду, подкладывая под них катки-кругляки. Заблаговременно для этой цели должны быть прикреплены к плотам временные канаты, с помощью которых поплавки, после спуска на воду, могут

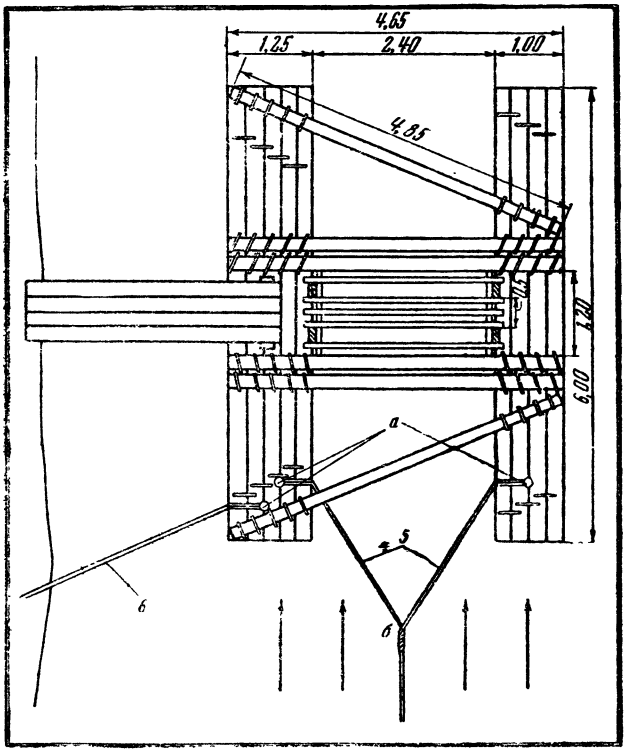


Рис. 14. Плоты-поплавки в плане: *а* — отверстия в плоту для крепления троса к бревнам; *б* — узел крепления ветвей «уздечки»; *5*—«уздечка» для якорного троса

быть временно причалены к берегу. Для постоянного крепления поплавков спущенной на воду гидростанции надо заготовить несколько длинных цепей или тросов, или, в крайнем случае, канатов.

Цепи или трос *5* (рис. 14), удерживающие поплавки, связываются уздечкообразно с тем. чтобы «уздечки» можно было привязать к обоим плотам. Каждым ее концом обвязываются два бревна плота. Для этой цели в точках *а* между бревнами

выдалбливают долотом достаточно большое отверстие. От точки *б* уздечки отходит главная цепь к якорю, опускаемому на дно реки.

Для прикрепления поплавков к берегу служит цепь, трос *б* или канат, один конец которого надежно привязывается к двум бревнам ближайшего к берегу поплавка, а второй — к какому-нибудь неподвижному предмету, находящемуся на суше. С берега на поплавки перекидывается мостик. Как мостик, так и поплавки должны быть ограждены прочными перилами.

10. МОНТАЖ ГИДРОРОТОРА НА ПОПЛАВКАХ

Укрепив на временной канатной привязи возле берега спущенные на воду поплавки, перекидывают на них мостик с берега (пока без перил) и затем переносят на поплавки по отдельности сначала гидроротор, а потом и каркасные опоры. Каркасное сооружение подгаскивают на поплавки и временно устанавливают стойками на вспомогательные деревянные подкладки, уложенные над свободным пространством между поплавками. Затем устанавливают гидроротор в подшипниках каркаса и, надев ремни на желобчатый диск гидроротора и на шкивы промежуточной трасмиссии и динамомашины, проверяют, насколько легко он вращается.

После этого удаляют из-под стоек подкладки и медленно опускают каркасное сооружение в проем между поплавками, пока гидроротор не скроется под водой. Убедившись, что ротор вращается нормально, продолжают его погружать до тех пор, пока средняя поперечина не достигнет уровня мостика. В таком положении прикрепляют каркасы, прочно прибивая длинными гвоздями каждую стойку обоих кронштейнов к бревнам поплавков.

Поплавковая гидроэлектростанция может работать в половодье и в зимнее время (т. е. подо льдом), если гидроротору будут обеспечены условия свободного вращения. При половодье главная задача заключается в том, чтобы удержать поплавки от уноса течением. Зимой для нормальной работы установки во льду должна быть сделана прямоугольная прорубь над гидроротором, соответствующая его размерам. Надо следить также, чтобы прорубь не затягивало льдом и, в особенности, сам ротор и бесконечный ремень не подвергались обледенению.

Перед наступлением ледохода надо заранее принять меры, чтобы защитить гидроустановку от разрушения. Для это-

го заблаговременно следует прорубить во льду проход к затону (затон должен быть вырыт у берега заранее летом или осенью), вынуть из воды цепь с якорем и завести гидростанцию в этот затон. По окончании ледохода гидроустановка опять выводится из затона на русло реки и устанавливается на прежнее свое место. В этом отношении гидроустановка на салазках, описанная в начале этой главы, является менее удобной. Во время половодья такая гидроустановка вместе с генератором может быть покрыта водой и даже унесена течением. Поэтому надо заблаговременно разобрать ее с тем, чтобы затем установить ее опять на прежнее место по спаде вод. Такую же работу надо проделать в конце зимы перед ледоходом. Салазки и канаты позволяют довольно легко извлечь установку из реки на берег перед половодьем и передвинуть ее подальше от берега в незаливаемое место. Чтобы проделать такую же операцию перед ледоходом, надо не только освободить ото льда кругом всю установку, но и прорубить во льду достаточно широкий проход к берегу. Надо вместе с тем освободить все канаты ото льда, а также вынуть цепь с якорем.

Отметим, что самодельные гидророторы для рекомендуемых мощностей на практике пока еще не применялись. При их постройке, по приведенному выше описанию, строителям предоставляется свобода выбора конструкции опорного устройства, вида материалов и установления размеров главного вала, а также второстепенных деталей самого гидроротора. Это позволяет строителям применять в широких пределах имеющиеся под рукой детали от утильных сельскохозяйственных машин, металл, строительную древесину и т. д. С этой целью в приведенных здесь чертежах иногда нет указаний на размеры деталей, а только показан их общий вид.

При постройке строители имеют возможность проявлять собственную изобретательность, инициативу и настойчивость в достижении поставленной цели. Их работа будет полностью вознаграждена сознанием того, что их руками создана гидростанция малой мощности, которая может полностью обеспечить электроэнергией школу, избу-читальню и т. д.

III. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ СТАНЦИИ

Для маломощной свободнопоточной гидроэлектрической станции можно применить электрогенератор любого типа, но мощность его не должна превышать мощности самого гидроротора (в данном случае не больше 300 *вт*).

Чаще всего в колхозах и сельских пунктах приходится пользоваться генераторами (динамомашинами) постоянного тока от мотоцикла, трактора или автомашины. Перечислим вкратце марки и основные показатели таких генераторов. На мотоциклах устанавливают генератор марки ГМН мощности 70 *вт*, развивающий напряжение 6 *в*.

На тракторах ХТЗ, СТЗ, У-1 и У-2 применяются генераторы марки ГБТ-4541 мощностью 60—80 *вт*. При числе оборотов от 1 100 до 2 000 в минуту они развивают напряжение 6 *в* и способны давать ток 10 *а*. При каждом из этих генераторов имеется регулятор напряжения типа ВР-4550.

На тракторах «Сталинец» и ЧТЗ применяется генератор ГАУ-4101 мощностью 100 *вт* при напряжении 6 *в*, он дает 900—2 000 оборотов в минуту. Этот генератор снабжен тем же регулятором ВР-4550.

На автомашинах ГАЗ-А и ГАЗ-АА довоенных выпусков установлены генераторы ГБФ-4105. Их мощность 60—80 *вт*, сила тока — 10 *а*, напряжение — 6 *в*, число оборотов 1 100 в минуту. У генератора ГБФ-4105 применяется регулятор, называемый «реле обратного тока ЦБ-4118».

На автомашинах ГАЗ и М-1 позднейших выпусков применяется генератор ГМ-71 мощностью 100 *вт*. Он развивает напряжение 6 *в* при 2 100 *об/мин* и снабжен реле типа ЦБ-4118.

На автомашинах ЗИС 5-6 и ЯГ-4 установлен генератор ГБФ—4 600 мощностью 60—80 *вт*. Рабочее его напряжение 6—8 *в* при 1 600 *об/мин*. У генератора применяется реле ЦБ-4118.

Для автомашин ЗИС-101 применяют генераторы ГЛ-41. Данные ГЛ-41 следующие: мощность—110—130 *вт*, напряже-

ние — 6—8 *в* при 1 700 *об/мин.* У этого генератора имеется реле типа РЗ-69, выполняющее двойное назначение: оно работает как реле обратного тока и как реле заряда.

Все перечисленные выше генераторы, за исключением ГБТ-4541, имеют правое вращение. Это обстоятельство необходимо учитывать при установке генератора над крайним (внешним) желобчатым диском гидроротора.

Наиболее подходящим для нашей гидроэлектростанции по своей мощности является генератор ГА-27, устанавливаемый на автомашинах ЗИС-21 и автобусах ЗИС-8 и ЗИС-13. Его мощность 225—250 *вт,* сила тока 20 *а* при 1 200—3 000 оборотах в минуту, вес 19,7 *кг.* При этом генераторе имеется отдельно смонтированное реле — регулятор типа РРА-44.

Перечисленные реле и регуляторы — это электрические приборы, автоматически включающие и выключающие части схемы или отдельные электрические аппараты и устройство станции. Некоторые из этих регуляторов не нужны для генератора гидроротора. Так, благодаря достаточной равномерности числа оборотов генератора, отпадает надобность в регуляторе напряжения. Однако реле обратного тока (типа ЦБ-4118 или других марок) нужно сохранить и обязательно включить в схему гидроэлектростанции.

Если на нашей гидроэлектростанции будет установлен генератор ГА-27, то при нем может быть оставлен реле-регулятор РРА-44 или, в случае его неисправности, заменен более простым реле обратного тока, например типа ЦБ-4118. Поясним, из чего состоит и как действует такое реле.

1. РЕЛЕ ТИПА ЦБ-4118

Напряжение на зажимах генератора постоянного тока, как известно, зависит от числа оборотов его ротора. И хотя гидроротор и приводимый им в движение генератор вращаются достаточно равномерно, тем не менее генератор должен иметь автоматический выключатель тока. Это требование обусловливается тем, что при всяком случайном уменьшении числа оборотов генератора (например, вследствие скольжения или обрыва ремня, или полной остановки генератора) ток из аккумуляторной батареи потечет через обмотку генератора и последний начнет вращаться как электромотор. В результате этого аккумуляторная батарея быстро разрядится. Чтобы

этого не произошло и применяют автоматический выключатель, который при каждом заметном понижении напряжения на зажимах генератора мгновенно размыкает цепь и этим отключает батарею от генератора. Таким выключателем и является реле обратного тока, включаемое в цепь, соединяющую генератор с аккумуляторной батареей. Принципиальная схема такого реле типа ЦБ-4118 приведена на рис. 15.

Как видно из этого рисунка, реле состоит из железного сердечника *в*, на котором намотаны обмотки *С* и *Ш*, подвижного якоря *Я*, пружинки *О*, пары контактов *Г* и зажимов *Д* и *А*.

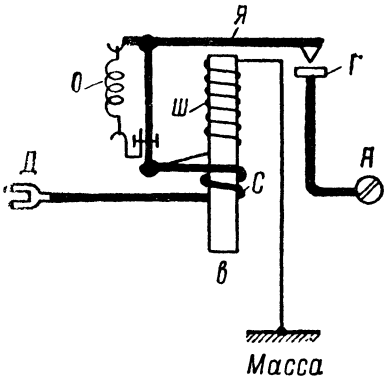


Рис. 15. Схема реле обратного тока ЦБ-4118

Обмотка *С* состоит из небольшого числа витков толстого провода: она называется последовательной обмоткой, так как включается последовательно в цепь, соединяющую генератор с аккумуляторной батареей. Обмотка *Ш* состоит из большого числа витков тонкого провода. Она называется шунтовой или намагничивающей обмоткой и включается параллельно щеткам генератора. К зажиму *А* реле присоединяется провод от батареи, а к зажиму *Д* — от генератора.

Когда напряжение генератора превышает напряжение аккумуляторной батареи, то обмотка *Ш* намагничивает сердечник *в* благодаря чему последний притягивает к себе якорек *Я* и этим самым замыкает между собою контакты *Г*, а вместе с этим и зарядную цепь. Поэтому ток из генератора поступает в аккумуляторную батарею и последняя заряжается. При этом толстая обмотка *С* усиливает намагничивание сердечника, вследствие чего последний сильнее притягивает к себе якорь *Я*, обеспечивая этим более надежное соприкосновение контактов *Г*. Если напряжение генератора почему-либо понизится и станет меньше напряжения аккумуляторной батареи, тогда через толстую обмотку *С* начнет проходить ток от батареи в обратном направлении. Магнитное поле этой обмотки будет размагничивать сердечник, и сила его притяжения уменьшится. Якорь *Я* под действием пружинки *О* разомк-

нет контакты *Г*. В результате этого зарядная цепь окажется разорванной, а батарея отключенной от генератора.

Генератор ГА-27 может давать ток, достаточный для одновременного питания 20—21 лампочки автомобильного типа, напряжением 4—6 *в*. Лампочки разделяют на параллельные группы. Каждая группа состоит из 2—3 лампочек, соединенных последовательно. Иными словами, можно обеспечить электроосвещение для расположенной поблизости к реке сельской школы, избы-читальни или жилых домов. Одновременно можно заряжать и аккумуляторную батарею для радиоприемника.

Для питания радиоприемников необходимы батареи напряжением 80 *в* и 4 *в*. Удобно пользоваться аккумуляторными батареями. Для зарядки от низковольтной динамомашины (12 *в*) анодной аккумуляторной батареи в 80 *в* последнюю разбивают на восемь равных групп. Каждая такая группа состоит из 5 аккумуляторных элементов, соединенных между собою последовательно, и обладает рабочим напряжением 10 *в;* в конце заряда ее напряжение повышается до 12,5—13,5 *в*. Такое напряжение нормально развивает генератор ГА-27. Поэтому, чтобы можно было заряжать одновременно от одного генератора все восемь групп, их соединяют параллельно и затем включают в зарядную цепь. После же окончания заряда все восемь групп опять соединяют между собою последовательно и получают одну общую батарею, которая сейчас же после прекращения зарядки должна давать напряжение около 108—110 *в*. Спустя же 2—3 часа после выключения батареи из зарядной цепи напряжение у нее понизится до 90—80 *в*.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ГИДРОУСТАНОВКИ

Схема соединений электрической части гидроэлектростанции показана на рис. 16. Для того, чтобы от генератора ГА-27 с напряжением в 12 *в* можно было не только питать осветительную сеть, но и заряжать батарею накала и анодную батарею радиоприемника, можно применить самодельный барабанный переключатель конструкции Бабича. Это приспособление дает возможность быстро и легко переключать анодную батарею либо на зарядку, либо на разряд.

Анодная батарея разбивается на 8 групп с той целью, чтобы каждая группа содержала одинаковое число элементов, а следовательно, и обладала одинаковым напряжением, близким напряжению генератора. Батарея накала включается на зарядку параллельно с анодной батареей, причем ее составляют из двух батарей напряжением по 4 *в* и одной батареи (элемента) в 2 *в* с тем, чтобы они вместе обладали напряжением тоже в 10 *в*.

На рис. 16 обе батареи показаны включенными на зарядку, так как ножи барабанного переключателя врублены в нижние контакты А—А. При установке этого переключателя в указанное положение он одновременно соединяет все восемь групп анодной батареи параллельно и включает их в цепь ге-



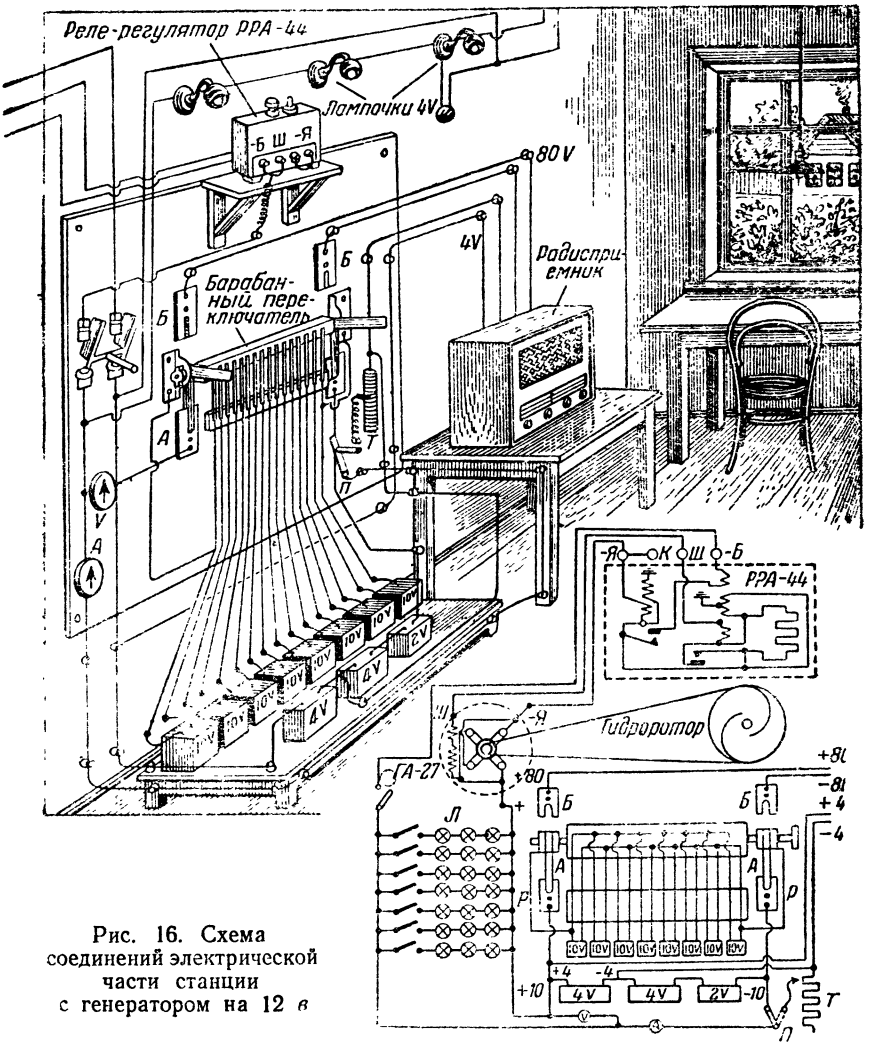


Рис. 16. Схема соединений электрической части станции с генератором на 12 *в*

нератора. После окончания зарядки поворотом ручки вверх ножи барабанного переключателя выводятся из контактов А—А, а вторая пара его ножей врубается в верхние контакты Б—Б, к которым присоединены провода от анодной цепи радиоприемника. Таким образом, при установке этого переключателя в указанное положение аккумуляторная батарея вык-

лючается из цепи генератора, все ее восемь групп соединяются между собою последовательно и полное напряжение этой батареи подключается к приемнику.

В схеме имеется еще переключатель *П*, позволяющий отдельно подзаряжать батарею накала. В этом случае переключатель *Р* надо передвинуть вправо.

3. БАРАБАННЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ

Барабанный переключатель монтируется на подставке, сделанной из изоляционного материала. Эта подставка имеет две металлические стойки, с просверленными в них (на высоте 30 *мм*) сквозными отверстиями диаметром 5 *мм*. В эти

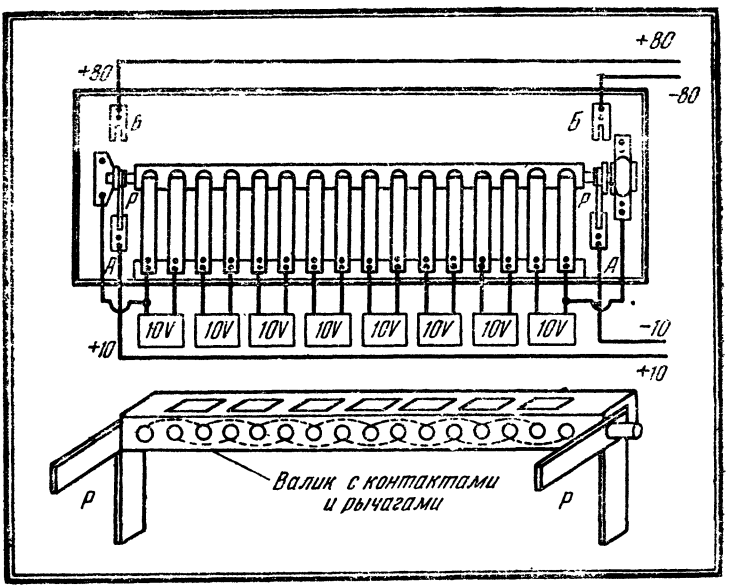


Рис. 17. Барабанный переключатель, установленный в положении на зарядку аккумуляторных батарей: *Р—Р*— контактные рычаги — ножи

отверстия входят латунные оси четырехгранного валика (барабана), сделанного из изоляционного материала. Длина валика 220 *мм*, его поперечное сечение 15×8 *мм*. На расстоянии

20 *мм* ниже валика укреплена планка из изоляционного материала, на которой неподвижно смонтированы 16 латунных пластинок, свободные концы их контактно соприкасаются с верхней стороной поворотного валика (рис. 17).

На поворотном валике просверлены 16 сквозных отверстий диаметром 6 *мм*, в которые вставлены медные гильзы от патронов мелкокалиберной винтовки, или же короткие трубки, свернутые из тонкой латунной ленты. Головки этих гильз служат контактами для латунных пластинок неподвижной изолированной планки. Выступающие с противоположной стороны валика концы гильз соединяют проводником между собой попарно (через одну гильзу), как показано пунктиром на рис. 17 внизу. Эти соединительные проводники необходимо надежно припаять к гильзам. Крайние контактные пластины переключателя отдельными проводниками соединены со стойками валика.

На другой стороне валика делают семь прямоугольных углублений размерами 6×22×0,5 *мм*, в которые вставляют семь коротких отрезков латунной ленты шириной 5,5 *мм*, толщиной 1 *мм* и длиной 21 *мм*. Эти отрезки прикрепляют к их гнездам винтиками или небольшими гвоздями так, чтобы каждая латунная пластинка выступала из углубления на 0,5 *мм*.

К обоим концам оси валика припаивают отходящие под прямым углом два двухплечих контактных рычага *Р*; длина ножа каждого рычага равна 30 *мм*. При повороте валика в одну сторону на 90° одна пара ножей рычагов будет входить в разрезы контактов А—А, к которым присоединены провода от батареи накала (4+4+2=10 *в*) и от распределительного щитка. Причем один из названных проводов подводится через переключатель *П* (рис. 16). На рис. 17 барабанный переключатель показан установленным в положении заряда. Все контактные пластинки соприкасаются с контактами (гильзами) валика. Все группы батареи соединены параллельно.

На рис. 18 показано второе положение валика, повернутого на 90° в противоположную сторону. При установке в это положение, как видно из этого рисунка, нижняя пара ножей рычагов отключилась от контактов А—А, а вторая пара ножей этих рычагов замкнулась с верхними контактами Б — Б. Все контактные пластинки (кроме двух крайних) замкнулись попарно с соответствующими латунными полосками валика, в результате чего все восемь групп батареи соединились последовательно.

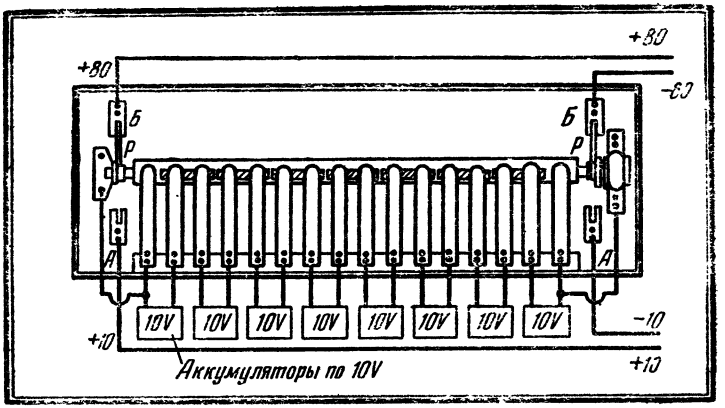


Рис. 18. Барабанный переключатель установлен в положение, соответствующее разряду аккумуляторной (анодной) батареи

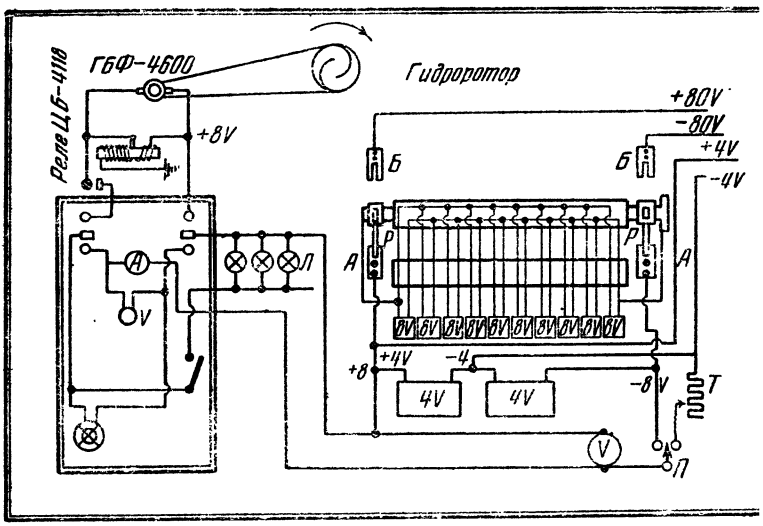


Рис. 19. Схема соединений электрической части станции с генератором на 8 *в*

Рассмотрим другой случай, когда приходится пользоваться одним или двумя генераторами, дающими напряжение 6—8 *в* и обладающими меньшей мощностью, чем генератор ГА-27. При наличии двух менее мощных генераторов они оба могут приводиться в движение от одного и того же гидроротора. В таком случае каждый генератор приводится в движение отдельным крайним диском гидроротора. Желательно лишь, чтобы в этом случае оба генератора были однотипными, например марки ГБФ-4600. Каждый такой генератор мощностью 60—80 *вт* может питать одновременно 8—10 автомобильных лампочек.

В связи с меньшим напряжением генератора (8 *в*) электрическая схема соединений изменится незначительно (рис. 19). Придется лишь анодную батарею разбить не на 8, а на 10 групп по четыре аккумулятора в каждой с общим напряжением группы 8 *в*. Это приводит к необходимости увеличить число контактных пластин на барабанном переключателе с 16 до 20-ти. При генераторе, работающем по этой схеме, необходимо сохранить реле ЦБ-4118 (рис. 15).

4. ГЕНЕРАТОР ГБФ-4600

В заключение рассмотрим схему генератора ГБФ-4600, приведенную на рис. 20. Буквой *Ш* обозначена шунтовая обмотка машины, а буквой *К*—коллектор. Из отверстий в корпусе генератора выходят три проводника: один красного цвета и два—черного. В числе черных один более длинный проводник *3* присоединен (внутри генератора) к щетке, изолированной от корпуса. Второй черный проводник *1* не изолирован от корпуса генератора. К проводнику *3*, внутри корпуса генератора, присоединен конец проводника от шунтовой цепи возбуждения.

Чтобы получить от генератора ток нужного напряжения, надо обеспечить поступление тока в шунтовую цепь. Для этой цели конец красного проводника *2* шунтовой обмотки соединен со свободным концом провода *1*, идущим от коллекторной щетки. Так как красный проводник *2* не изолирован от корпуса, то можно его и проводник *1* присоединить шурупом *5* прямо к корпусу. Пунктирной окружностью на рис. 20 условно обозначен корпус генератора.

Между вторым черным проводником *1* и изолированным проводником *3*, идущим от генератора к распределительному

щитку станции, включают реле ЦБ-4118. При отсутствии реле этой марки можно использовать реле типа А-10505 от генераторов автомашин ГАЗ-А и М-1 более ранних выпусков.

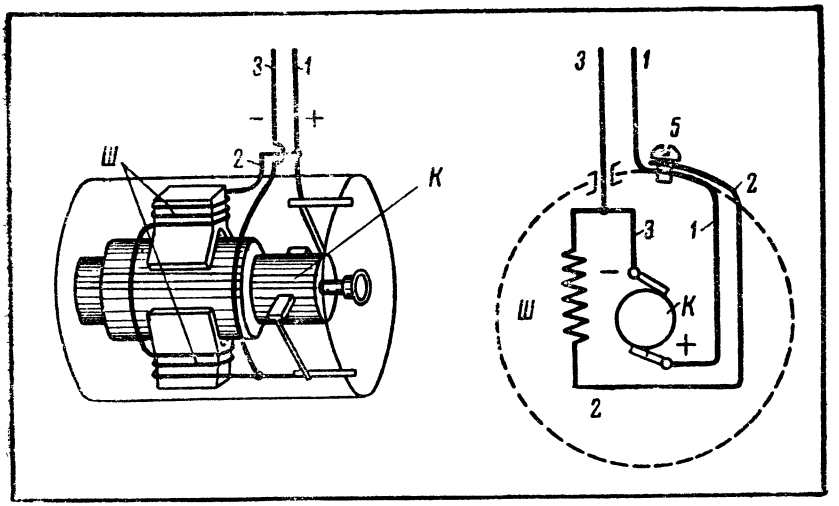


Рис. 20. Схема соединений проводов генератора ГБФ-4600: *К*—коллектор со щетками; *Ш*—шунтовая обмотка магнитных полюсов

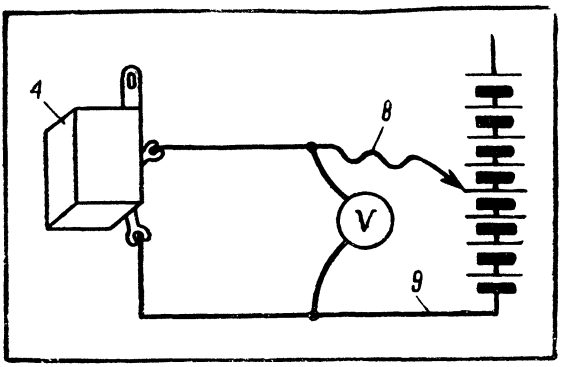


Рис. 21. **Схема** контрольного соединения контактов реле *4* с аккумуляторной батареей

При наличии реле обратного тока неопределенной марки необходимо проверить, при каком напряжении это реле дает замыкание, т. е. на какое напряжение оно отрегулировано. Для этого берут несколько последовательно соединенных аккумуляторных элементов или сухих батарей и присоединяют к ним провода *8* и *9*, идущие от реле *4* (рис. 21). К этим же проводам присоединяют вольтметр. Последовательным переключением конца гибкого провода *8* с элемента на элемент подбирается такое напряжение, при котором реле замкнется (включится). Точно величину этого напряжения определяют по вольтметру. Правильно отрегулированное реле включается при напряжении 7,2 *в*. В случае необходимости реле можно отрегулировать дополнительно, слегка подгибая медную упорную рамку на сердечнике реле.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 3

I. Определение мощности свободнопоточной гидроустановки

1. Что такое энергия и мощность водного потока 5
2. Скорость течения воды 9

II. Постройка свободнопоточной гидроустановки

1. Устройство гидроустановки 11
2. Роторная гидротурбина 13
3. Установление размеров и числа оборотов гидроротора . . . 17
4. Устройство дисков и подшипников гидроротора 19
5. Обшивка лопастей 25
6. Устройство передачи 29
7. Устройство опор гидроротора «на салазках» 31
8. Спуск гидроустановки на воду 34
9. Устройство опор гидроротора на поплавках 36
10. Монтаж гидроротора на поплавках 40

III. Электрическая часть станции

1. Реле типа ЦБ-4118 43
2. Электрическая схема гидроустановки 45
3. Барабанный переключатель 48
4. Генератор ГБФ-4600 51

Редактор *И. Спижевский* Техн. ред. *Н. Рушковский*

Г-30014 Сдано в произв. 26/X 1949 г. Подп. к печати 5/I 1950 г.
Форм. бум. 60×84$^{1}/_{16}$ д. л. Объем 3$^{1}/_{2}$ п. л. Тир. 20 000 экз. Зак. 182/853

Типография издательства ДОСАРМ, г. Тушино.