

Колесо для орошения

Водоподъемное колесо для орошения – великолепная тема для статьи на вашем сайте! При каких перепадах уровней воды можно использовать такое колесо? Каковы его производительность и конструкция?

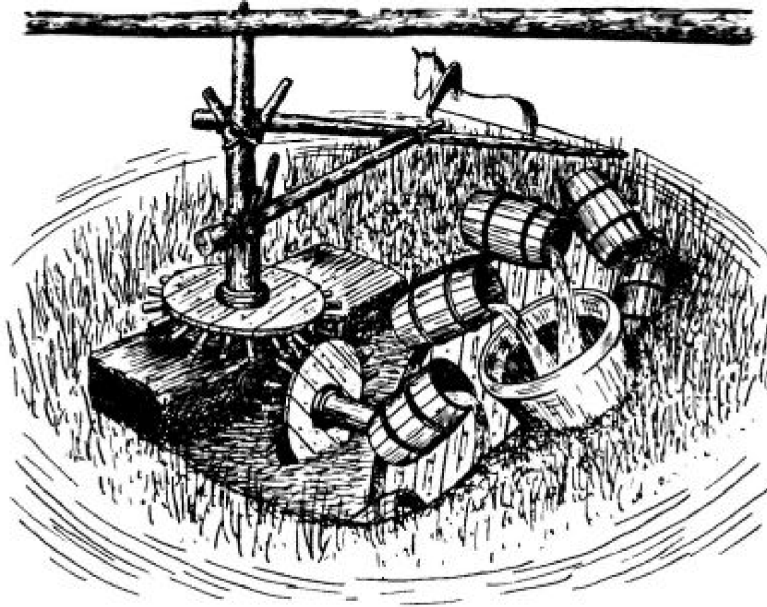


Рис. 1. Чигирь простой

Немного истории

Водоподъемное колесо – одно из самых древних изобретений человечества. Оно создано в процессе борьбы за выживание. Для своего времени это был, безусловно, шедевр человеческой мысли. На протяжении многих веков водоподъемные колеса верой и правдой служили людям во многих районах земли с засушливым климатом. В Китае, например, около 60% посевной площади орошается искусственно. Египет, Индия, страны Средней Азии и Ближнего Востока – все это районы земли с орошаемым земледелием. Водоподъемное колесо – изобретение уж никак не русское. Ведь не зря же простейший из известных механизмов для подъема воды, состоящий из колеса с горизонтальным валом и цевочной угловой передачи, называется чигирем (слово персидское). Чигирь работал» при помощи лошади, верблюда или другого домашнего животного, ходящего по кругу и вращающего цевочное колесо угловой передачи с вертикальным валом (рис. 1). Рассмотрим устройство простого чигиря. Черпаки (деревянные или даже керамические) укреплены на колесе таким образом, что при вращении колеса черпают воду из канала, арыка или пруда, поднимают ее на высоту диаметра колеса и переливают в горловину другого водовода, по которому она подается самотеком на орошаемый участок. Более сложным устройством является цепной (или канатный) чигирь, состоящий из установленного высоко над землей барабана, через который перекинута цепь (или канат) с черпаками (рис. 2). Как видно из рисунка, привод в принципе такой же, как и у первого устройства, но цепной чигирь способен поднимать воду на значительно большую высоту и является более совершенным гидротехническим сооружением. И тем не менее – это уже история.

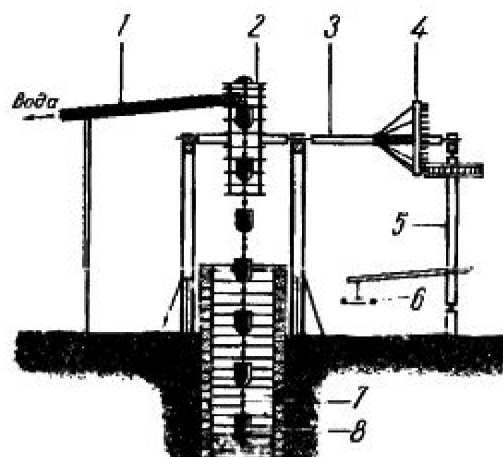


Рис. 2. Чигирь цепной: 1 – лоток для воды; 2 – деревянное колесо; 3 – горизонтальный вал; 4 – цевочная передача; 5 – вертикальный вал; 6 – ярмо; 7 – цепь; 8 – ведро

Вряд ли кого-нибудь теперь всерьез заинтересует подобное громоздкое тихоходное устройство с приводом при помощи домашних животных. В России они и раньше-то распространения не получили. В европейских же странах в средние века водоподъемные колеса применялись для водоснабжения замков, которые обычно располагались на возвышенных местах. Колодцы здесь приходилось копать очень глубокие и сложные. Обычно дело не ограничивалось сооружением вертикального ствола, а приходилось проходить и горизонтальные штольни к ближайшему водоему (реке или озеру) и делать скрытый водозабор. Средств на это не жалели и привлекали к таким работам, видимо, лучших специалистов (судьба их после окончания строительства секретной системы водоснабжения зачастую оказывалась трагической), которые и обеспечили дальнейший прогресс в создании водоподъемной техники.

В одном замке-музее и сейчас можно увидеть, например, водоподъемное колесо огромных размеров, приводящееся в движение животными (лошадьми и волами). Эти животные двигались внутри колеса («Беличье колесо»), создавая таким образом вращающий момент, необходимый для подъема ковшей с водой, укрепленных на цепи или канате (рис. 3). Боковые стенки колес делались решетчатыми. Колесо снабжалось храповым устройством, позволявшим вращаться колесу только в одну сторону. В колесе предусматривались стопорящее приспособление и ворота для животных.

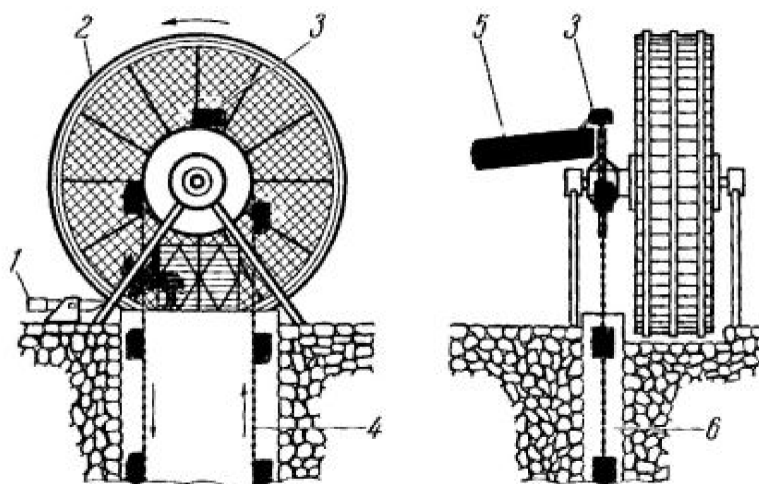


Рис. 3. Крепостное водоподъемное колесо: 1 – храповое устройство; 2 – колесо; 3 – ковши; 4 – цепь; 5 – лоток для воды; 6 – колодец

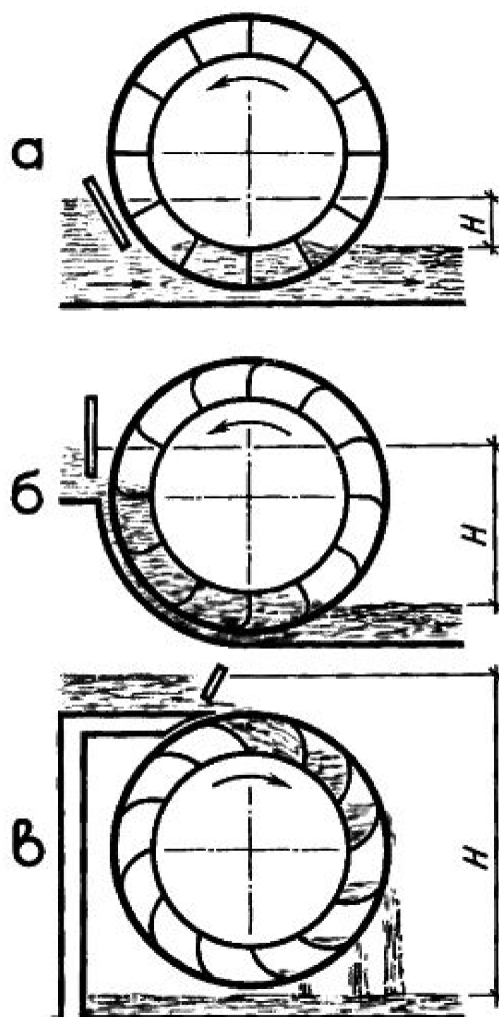


Рис. 4. Типы водяных колес: а – нижнебойное; б – среднебойное; в – верхнебойное; H – напор воды

Какие бывают водяные колеса

Для жителей нашей страны, видимо, больший интерес представляют устройства, использующие в качестве источника энергии водный поток или перепад воды, то есть устройства, включающие в себя водяное колесо – этот древнейший механический двигатель. Водяное колесо состоит из обода с лопатками или ковшами, соединенного спицами с горизонтальным валом, от которого крутящий момент посредством зубчатых, ременных или канатных передач сообщается рабочим машинам – жерновам мельницы, молоту и воздухоудвным мехам кузницы, насосу и станку фабрики. С развитием мануфактур водяные колеса стали энергетической базой основных в те времена отраслей производства (текстильной, дерево- и металлообрабатывающей и др.). Использование колес для привода воздухоудвнных мехов, например, обусловило развитие доменного производства. И только появление более универсального двигателя – паровой машины – позволило постепенно отказаться от водяных колес.

В зависимости от способа подвода воды различают нижнебойные (или подливные), среднебойные и верхнебойные (или наливные) водяные колеса (рис. 4). Вал водяного колеса вращается обычно со скоростью 1...10 оборотов в минуту, мощность не превышает нескольких десятков кВт, коэффициент полезного действия примерно 0,3 (у нижнебойного колеса) и 0,75 (у верхнебойного). Кстати, водяное колесо легко превратить одновременно в водоподъемное, снабдив его черпаками или соединив вал колеса с валом барабана цепного чигиря. Получится «насос», не нуждающийся в услугах домашних животных для привода его в действие. Именно в таком сочетании нижнебойные водяные колеса применялись в системах орошения Египта, Ассирии, Китая и Индии. В качестве привода для мельниц они служили в Западной Европе и в России в средние века. И только в период развития мануфактур

появились средне- и верхнебойные колеса, имеющие более высокий КПД. Знаменательно, что даже тогда, когда первые машины стали устанавливать на суда, когда было изобретено гребное колесо с поворотными лопастями (плицами), которые, загребая воду при вращении колеса, поворачивались, оставаясь почти перпендикулярными направлению движения судна (рис. 5), тем самым увеличивая эффективность гребка, водяные колеса продолжали постоянно совершенствоваться, перенимая все лучшее у своих «младших братьев» – гребных колес, и не желали уступать свое место паровой машине без борьбы.

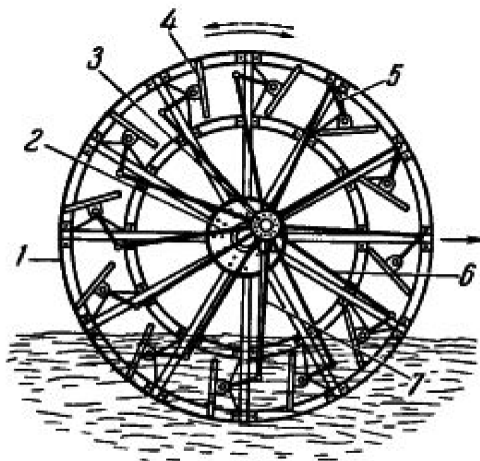


Рис. 5. Гребное колесо парохода с поворотными лопастями (плицами): 1 – остов колеса; 2 – ступица колеса; 3 – ступица механизма поворота лопастей; 4 – лопасть; 5 – рычаг лопасти; 6 – тяга рычага; 7 – рычаг поворота ступицы механизма поворота лопастей

Понятно, что гребное колесо – устройство обратимое. Если его использовать в качестве нижебойного водяного колеса, например, на водяной мельнице, оно будет работать более эффективно, чем обычное водяное нижебойное колесо с радиальными лопастями. На первый взгляд, водяные колеса, изображенные на рис. 4, весьма похожи друг на друга. На самом же деле нижебойное колесо коренным образом отличается от среднебойного и верхнебойного. Ведь если два последних колеса приводятся в действие преимущественно весом воды, задерживающейся на лопастях колеса при падении с уровня воды перед плотиной до уровня воды за плотиной, то нижебойное колесо приводится в действие струей вытекающей из-под плотины воды, используя ее кинетическую энергию. Если первые два колеса можно (по аналогии с электродвигателями) назвать синхронными машинами, то третье – машина асинхронная. Оно способно отбирать энергию от потока только в том случае, если поток будет терять энергию при встрече с лопастью, а это случается только тогда, когда скорость лопасти колеса больше нуля и меньше скорости потока.

И чтобы знать, как лучше использовать кинетическую энергию потока, надо разобраться, каким образом следует направить поток на лопасти колеса и какой формы сделать сами лопасти.

Известно, что $F_{\text{давл.}}$ – сила лобового сопротивления тела потоку – определяется по формуле:

$$F_{\text{давл.}} = C_x \times S \times \rho \times V_0^2 / 2,$$

где C_x – безразмерный коэффициент;

S – площадь миделевого сечения;

ρ – плотность жидкости;

V_0 – скорость потока жидкости.

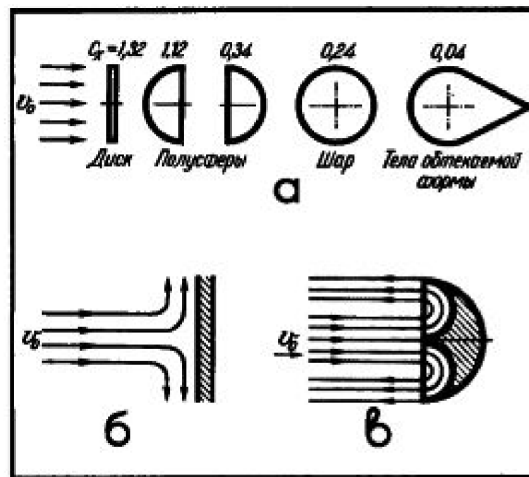


Рис. 6. Взаимодействие потока жидкости с твердыми телами: а – коэффициенты лобового сопротивления тел разной формы; б – падение струи жидкости на плоскую площадку; в – падение струи жидкости на тело в виде желобка с рассекающим ребром

C_x , называемый коэффициентом лобового сопротивления, имеет одно и то же значение для всех тел одинаковой формы и одинаково ориентированных относительно потока, то есть не зависит от размера тел. На рис. 6,а приведены значения C_x для тел разной формы, но с одинаковыми миделевыми сечениями. (Миделевое сечение – наибольшее по площади сечение тела, образованное плоскостью, перпендикулярной к потоку. К площади миделевого сечения обычно относят действующую на тело силу сопротивления.) Понятно, что силы лобового сопротивления тела потоку будут пропорциональны C_x . Из данных, приведенных на рис. 6,а, видно, что наибольшим значением C_x (а следовательно, и $F_{\text{давл.}}$) характеризуется диск.

Очевидно, что для водяного колеса, как и для гребного колеса парохода, наиболее эффективными будут плоские лопасти (палицы), у которых C_x имеет максимальное значение – 1,32. Однако оказывается, что здесь все не так и «очевидно». И чтобы выяснить действительное положение дел, попытаемся разобраться, как взаимодействует поток с лопастями колеса и как совершается работа. Условием получения наибольшей силы реакции какого-либо тела (когда тело неподвижно) на воздействие струи потока является изменение направления движения струи на противоположное. Так вот, с этих позиций оптимальной формой лопасти колеса будет лопатка в виде желобка с рассекающим ребром (рис. 6,в), при падении на которую струи жидкости сила реакции в два раза больше, чем при воздействии той же струи на плоскую площадку (рис. 6,б). Правда, это все относится к неподвижным лопастям. А если лопасть колеса движется, то струя, поступающая на него со скоростью V_1 , отклоняется от первоначального направления и стекает с лопасти уже со скоростью $V_2 < V_1$ (лопасть движется в одном направлении со струей). Если в секунду о движущуюся лопасть колеса ударяется масса воды m , то работа A , совершаемая потоком за этот период, равна кинетической энергии, потерянной водой за ту же секунду:

$$A = m \times V_1^2 / 2 - m \times V_2^2 / 2.$$

Из этой формулы следует, что работа, совершаемая потоком воды, зависит и от скорости движения лопасти колеса. То есть, когда лопасть движется со скоростью воды, давление на нее со стороны воды равно нулю, в результате работа равна нулю. Кстати, подобный нулевой результат будет и при воздействии потока на неподвижную лопасть. Ведь хотя здесь давление на нее будет наибольшим, но поскольку лопасть не перемещается, то и работа не совершается. Словом, специалисты доказали, что работа, производимая потоком, будет наибольшей, когда лопасть колеса движется со скоростью, соответствующей 50% скорости потока.

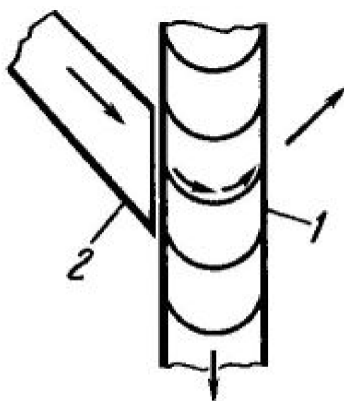


Рис. 7. Колесо с боковым поводом струи: 1 – колесо; 2 – сопло для подвода жидкости к лопастям колеса

Немного о конфигурации лопастей. Как видно из рис. 4,а, конструктивно невозможно обеспечить падение струи на лопасть колеса перпендикулярно к ее поверхности, поскольку лопасти экранируют (закрывают) друг друга. Однако, как всегда, выход нашелся. Лопасты стали делать изогнутыми (по форме, близкой к цилиндрической поверхности), увеличили их число, а струю воды направили на лопасти сбоку под острым углом (рис. 7). Это привело к тому, что вода, попадая на лопасти с одной стороны колеса, выходила с другой стороны колеса в направлении, симметричном входу, то есть под острым углом, что обеспечило значительно более высокий уровень передачи кинетической энергии от струи к колесу.

Как и где установить колесо?

Попробуем разобраться, где и как смонтировать водяное колесо и как лучше с его помощью поднять воду для полива участка (или участков) с влаголюбивыми культурами. Главное, что необходимо для водяного колеса – это речка с приличным расходом воды и достаточно глубоким руслом, в котором можно соорудить плотину, чтобы поднять уровень воды перед плотиной и не затопить при этом пойму. Вспомним, что современные реки – это потоки воды, которые сформировались очень давно, после последнего оледенения Земли, и успели образовать речные долины, постоянно унося размытый грунт вниз по течению. При таянии снегов весной реки разливаются иногда очень широко, затоплявая прилегающее к руслу ровное пространство, которое называется поймой. На склонах большинства речных долин имеются продольные уступы-террасы, возникающие чаще всего в результате периодического «врезания» реки в дно. Эти террасы когда-то тоже были поймами и заливались паводками, по ним тоже «гуляла» река, оставляя после себя острова (теперь возвышенности или холмы) и старицы (теперь озера и болота). Основные элементы речной долины показаны на рис. 8. Конечно, у реки, на которой предполагается ставить водяное колесо, должен быть «спокойный характер», чтобы она не превращалась после каждого дождя в бурный поток, разрушающий все на своем пути.

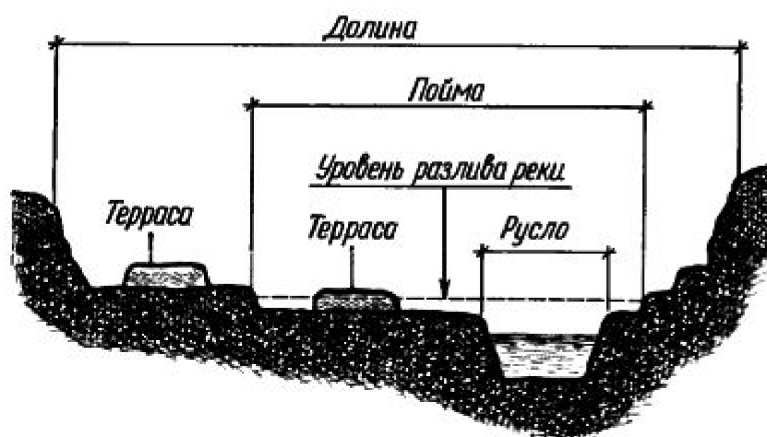


Рис. 8. Элементы долины реки

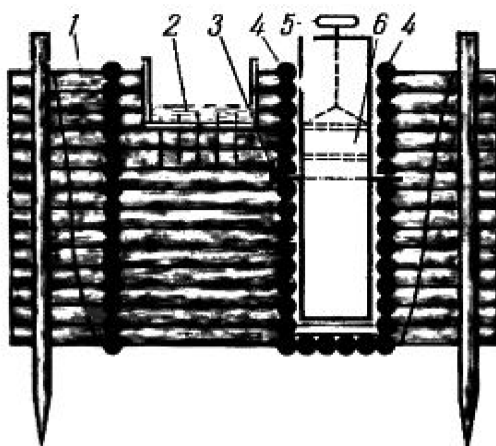


Рис. 9. Среднебойное водяное колесо в свайно-ряжевой плотине (вид спереди, само колесо для упрощения рисунка не приведено): 1 – деревянный каркас плотины; 2 – водосбросный лоток; 3 – кривошип привода насоса; 4 – контрфорсы; 5— рукоятка затвора-шибера; 6 – канал подачи воды на колесо

Водяное колесо устанавливается на плотине, специально для этого сооруженной в русле реки. Плотины были известны еще в глубокой древности. Тогда их устраивали в виде небольших, простейших сооружений из местных материалов (земли, камней, дерева). Из плотин небольшого размера в России наибольшее распространение получили свайно-ряжевые плотины, состоящие из свай, забиваемых в дно реки, и многостенного бревенчатого сруба сложной конструкции, сопряженного с этими сваями и засыпанного грунтом. Такие плотины удобны для небольших напоров воды (от 2 до 8 м, иногда до 10...15 м). Главный строительный материал каркаса плотин – сосна, дерево наиболее стойкое в условиях переменной влажности. Деревянные плотины достаточно просты, надежны и дешевы (леса в России всегда было много), а срок их службы составляет 15...20 лет, что обычно для подобных сооружений вполне достаточно.

Дерево – материал, с которым на Руси всегда умели обращаться. Оно позволяет выполнять из прочно сопряженных бревен каркас плотины, а также многие ее элементы (водосливы, лотки, каналы, шлюзы, регулируемые затворы, включая их привод-ворот, и т.д.), обеспечивая при этом достаточную прочность и устойчивость конструкции.

На рис. 9 и 10 изображена плотина со среднебойным водяным колесом, установленным на контрфорсах (выступающих из плотины стенах деревянного каркаса). Сруб плотины врезан в берега русла речки и зафиксирован сваями. Канал для подачи воды на колесо снабжен затвором-шибером. (Уважаемые читатели! Рис. 9 и 10 получились несколько сложными, поэтому канал для подачи воды на колесо, да и само колесо в одном случае в рисунки не вошли. Однако вышеуказанный канал показан на рис. 12.) Водосброс-лоток расположен выше уровня канала, предназначенного для подачи воды на колесо. На внутренних сторонах контрфорсов устроены направляющие, имеющие со сплошным ободом колеса минимальные зазоры, так что вода поступает в колесо и давит своим весом на его лопасти, тем самым вращая колесо.

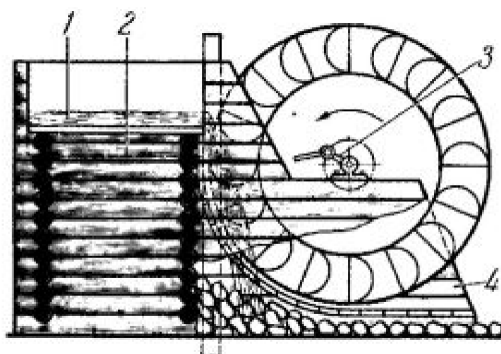


Рис. 10. Среднебойное водяное колесо в свайно-ряжевой плотине (вид сбоку): 1 – водобросный лоток; 2 – канал подачи воды на колесо; 3 – кривошип привода насоса; 4 – контрфорс

Дно реки за плотиной под водобросом защищено от разлива камнями. Если расход воды в реке достаточно велик (и устойчив также), то лопасти колеса делают плоскими, но, если этот расход составляет всего несколько ведер в минуту (и на таких речках ставят водоподъемные установки), лопасти лучше выполнять корытообразными с боковыми стенками, чтобы вода из них не вытекала. Для подъема воды, конечно, не возбраняется пойти и по старинному пути, применяя «технику», представленную на рис. 1 и 2. Но гораздо проще, дешевле и надежнее использовать вращающий момент на валу водяного колеса для приведения в действие насоса, например, ручного поршневого. Для этого вал водяного колеса снабжается кривошипом (см. рис. 9 и 10). На контрфорсе на кронштейнах устанавливается ручной насос. Кривошип вала колеса соединяется шатуном с ручкой насоса. Всасывающий патрубок насоса погружен в предплотинное пространство водоема (воду берут между поверхностью водоема и его дном, чтобы избежать засорения трубы плавающим мусором или донным шлаком). Напорный бак, куда поступает вода, обеспечивается расходным и переливным трубопроводами (через последний излишки воды направляются обратно в реку). Для остановки колеса закрывают затвор-шибер, после чего вся вода из водоема начинает стекать за плотину через водоброс.

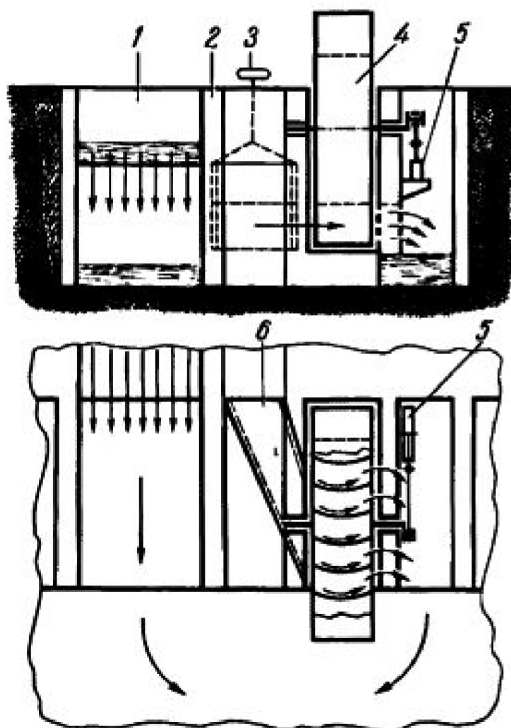


Рис. 11. Нижнебойное водяное колесо: 1 – водобросный лоток; 2 – плотина; 3 – затвор-шибер; 4 – водяное колесо; 5 – насос; 6 – канал подачи воды к колесу

На рис. 11 изображена плотина с нижнебойным водяным колесом с «цилиндрическими» лопастями-лопатками. Подвод воды к лопаткам боковой, то есть осуществляется по схеме, приведенной на рис. 7. Расположение канала для подачи воды к колесу у такой плотины определяется уровнем лопастей в нижней части колеса. Отвод отобранной воды от колеса желательно осуществить по желобу, расположенному ниже колеса, что повысит эффективность использования кинетической энергии струи воды. В остальном, включая специфику использования поршневых насосов, плотина с нижнебойным колесом не отличается от плотины со среднебойным колесом.

Водяные колеса устанавливают не только на плотинах. Известны так называемые русловые двигатели – водяные колеса, располагаемые непосредственно в русле реки (без плотин). Но такое осуществимо, когда течение реки достаточно быстрое. Понятно, что подобные конструкции гораздо проще водяных колес на

плотинах. Колесо в русле крепят: на опорах, забитых в дно реки; на поплавках – жестко скрепленных наподобие катамарана лодках, которые либо причалены к берегу, либо удерживаются на течении на якорь; на подвижных или неподвижных кронштейнах, установленных на берегу. Вариантов множество.

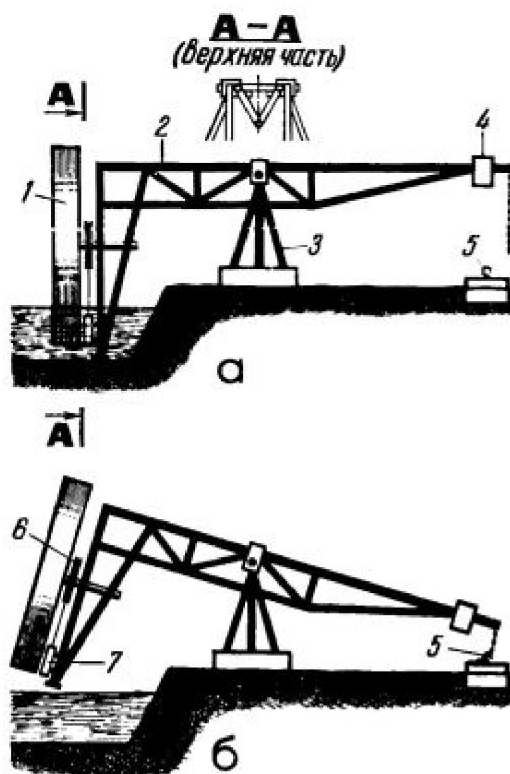


Рис. 12. Русловая водокачка: а – колесо в рабочем положении; б – колесо в поднятом состоянии; 1 – нижнебойное водяное колесо; 2 – ферма; 3 – опора фермы; 4 – противовес; 5 – якорь-мертвяк; 6 – механизм привода насоса; 7 – насос

В качестве примера предлагаю русловую водокачку с колесом, установленным консольно на сваренной из стального уголка ферме, которая, в свою очередь, держится на опоре, смонтированной на берегу. При этом конструкция водокачки позволяет поворачиваться ферме в вертикальной плоскости, обеспечивая как установку водяного колеса в русло реки, так и ее подъем выше уровня воды в реке (рис. 12). На противоположном колесу конце фермы предусмотрен груз, почти уравнивающий конец фермы с колесом, что дает возможность легко переводить довольно тяжелую конструкцию в то или иное положение. Для фиксации фермы в поднятом положении служит цепь и якорь-мертвяк, устроенный под концом фермы. В качестве основы водяного колеса на ферме подойдет колесо и полуось от любого транспортного средства, например, от коляски мотоцикла.

В данной конструкции кривошип колеса хорошо бы расположить на наружной стороне колеса, но там насос крепить не на чем. Придется здесь установить насос между фермой и колесом, как показано на рис. 12.

Возможности колеса

Чтобы определить размеры колеса, емкость лопастей-корыт (большее число лопастей позволит уменьшить размеры колеса), необходимо выполнить ряд не очень сложных арифметических расчетов. При расчетах придется учитывать значение необходимого усилия на ручке (или штоке) насоса, чтобы определить, какой момент должно развить колесо для обеспечения движения поршня насоса при рабочем ходе. При этом надо иметь в виду, что тихоходное колесо практически не обладает инерцией и не преодолевает сопротивления потребителя (насоса), если момент на последнем хотя бы чуть-чуть превышает момент на колесе, обусловленный только весом воды на его лопастях. Примем также во внимание тот факт, что в нашем случае подходят только поршневые «двухтактные» насосы (с двумя

рабочими полупериодами за один оборот колеса) и «однотактные» (с одним рабочим полупериодом), у которых при работе нагрузка изменяется по синусоидному закону. Данная особенность снижает эффективность действия водяного колеса, что особенно проявляется при установке «однотактного» насоса, использующего вращающий момент водяного колеса только в одном полупериоде вращения (при нагнетании воды).

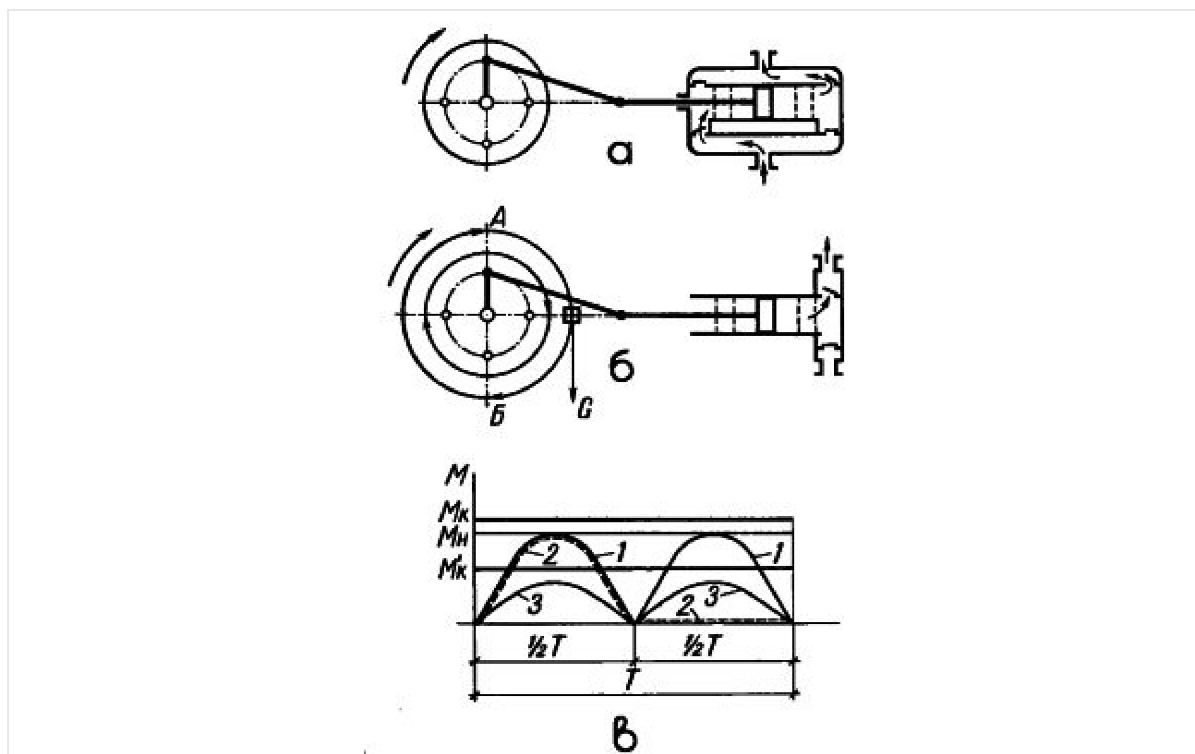


Рис. 13. Схема привода поршневых насосов от водяного колеса: а – привод «двухтактного» насоса; б – привод «однотактного» насоса; в – циклограммы изменения нагрузки на водяном колесе при работе насосов – «двухтактного» (кривая 1), «однотактного» (2) и «однотактного» при наличии грузового аккумулятора (3); G – грузовой аккумулятор; M_k , M_n и M_k' – необходимый, минимальный и экономленный вращающие моменты; T – время одного цикла работы насоса

На рис. 13 представлены схемы приводов «двухтактного» и «однотактного» насосов, а также циклограммы «востребования» подобными насосами необходимого вращающего момента на колесе. Вращающий момент колеса M_k должен быть несколько больше максимального значения момента, нужного для привода насоса M_n . Это требование обязательное, иначе колесо не преодолеет сопротивления насоса. В случае применения «двухтактного» насоса нагрузка, приводящая в действие насос за один оборот колеса (период T), будет изменяться в соответствии с кривой 1 (см. рис. 13,в). В случае с «однотактным» насосом эта нагрузка ведет себя в соответствии с кривой 2 (во втором полупериоде, когда происходит всасывание воды в насос, вращающий момент колеса практически не расходуется и колесо вращается вхолостую).

А чтобы «сэкономить» на вращающем моменте водяного колеса, приводящего в действие «однотактный» насос, попробуйте установить на колесо груз G так, чтобы при всасывании насоса он поднимался из нижней точки Б в верхнюю точку А (см. рис. 13,б), запасая энергию, а при рабочем ходе поршня насоса (при нагнетании воды в напорный бак) опускался из точки А вниз, отдавая запасенную энергию, то есть помогает колесу увеличить его вращающий момент в этом полупериоде. Этот прием позволит установить водяное колесо, развивающее меньший вращающий момент ($M_k^1 < M_k$), поскольку нагрузка «растягивается» на оба полупериода (кривая 3, приведенная на рис. 13,в).

Заключение

В данной статье приведены общие сведения о водоподъемных и водяных колесах, о разновидностях их конструкций и принципах работы, даны рекомендации по использованию поршневых насосов с приводом от водяных колес.

Источник: <http://homemade-product.ru/koleso-dlya-orosheniya/>