

Новый взгляд на гидроэнергетику

Человек сказал Днепру:
- Я стеной тебя запру.

С. Я. Маршак

Сказал и запер! И не только Днепр, но и множество других рек, а на некоторых построил целые каскады электростанций.

Человек праздновал победу над Природой, а она, несчастная, пожинала плоды его дерзости.

Под водой оказались чудесные берега рек, огромные пространства с лугами, полями и лесами, территории поселений с их аллеями, парками, инфраструктурой, достопримечательностями и ... погостами. Мелководья на периферии «рукотворных морей» стали местом застоя, где развелась всякая вредная болотная живность и даже синезеленые водоросли. Поднятые грунтовые воды превратили природные уголки в заболоченные места. Плотины стали препятствием для миграции рыб. Шлюзы осложнили судоходство и исключили возможность прохода мелких плавсредств, а также осуществления речного сплава. Местами изменился не в лучшую сторону микроклимат прилегающих территорий.

И всё это человек сотворил ради использования механической энергии речного потока.

Однако водные потоки обладают и другим видом энергии – теплотой. Даже зимой вода под ледовым покровом в глубине имеет температуру в несколько градусов, а в горных реках и водных артериях южных регионов – и того выше. Сравним эти энергетические потенциалы. Кубометр воды на перепаде в 10 м способен отдать менее 100 кДж энергии. А тот же кубометр при охлаждении всего лишь на 1°С отдаст 1 мегакалорию тепла, что эквивалентно 4,1868 МДж, т.е. более чем в 40 раз. При отборе этого тепла, естественно, не нужны никакие плотины, шлюзы, громадные турбины, машинные залы и прочие грандиозные сооружения.

А вот как взять это тепло и с максимальной эффективностью преобразовать его в электрическую энергию и (или) сделать высокопотенциальным – для использования в системах отопления, иными словами, как построить у реки бестопливную ТЭЦ – об этом поговорим далее.

Представим себе: в сибирской глубинке геологоразведка нашла месторождение, допустим, редкоземельных металлов. Для разработки месторождения необходим рудничный комплекс, обогатительные сооружения и, как минимум, жилой поселок. И сразу же встает проблема создания системы энергоснабжения. Подвести ЛЭП за сотни верст по глухой тайге – дело немыслимое. Доставлять топливо для местной электростанции – тем более. Где же выход?

А он – рядом! В ближней окрестности течет бурная река, которая даже в сибирские морозы местами не замерзает. Остается соорудить плотину, поставить турбины с электрогенераторами, подстанции, проложить сети – и проблема решена! Понятное дело, ГЭС и здесь нарушит здешнюю экологию, да уж Бог с ней.

Однако сделать всё это в местных условиях практически не возможно. Вот тут и необходим альтернативный вариант. На нем остановимся поподробнее.

Если у некоторого объема водного потока забрать 2 – 3 градуса его теплового потенциала, река в целом этого даже «не почувствует». А нам вполне достаточно. Но как забрать их у холодной воды? Нет проблем. Для этого давно придуман тепловой насос. Его наглядный пример – обычный холодильник, который отбирает тепло у холодных продуктов, повышает температуру хладагента на десятки градусов и отдает это тепло в помещение с температурой воздуха в плюс двадцать градусов.

В нашем случае это будет выглядеть так. На участке реки, где вода не замерзает (что в принципе и не обязательно) устанавливается испаритель (см. рис. 1) в виде вертикального ряда труб 1 со спрейерами-распылителями 2 хладагента (они же могут служить ресиверами). Здесь на внутренних стенках труб с их хорошей теплопроводностью хладагент за счет получаемого от воды тепла испаряется, далее подогревается теплообменником 3 контура охлаждения тепломеханического преобразователя (ТМП) и поступает в компрессор 4 (который вместо электродвигателя может иметь привод от вихревой гидротурбины, см. патент РФ № 2659837, 2018.). Далее он в сжатом состоянии и с резко повышенной температурой отдает тепло в контур нагрева ТМП, а остаток – в систему когенерации (на отопительные и прочие цели). И уже в охлажденном состоянии под высоким давлением конденсируется и снова направляется через ресивер в испаритель.

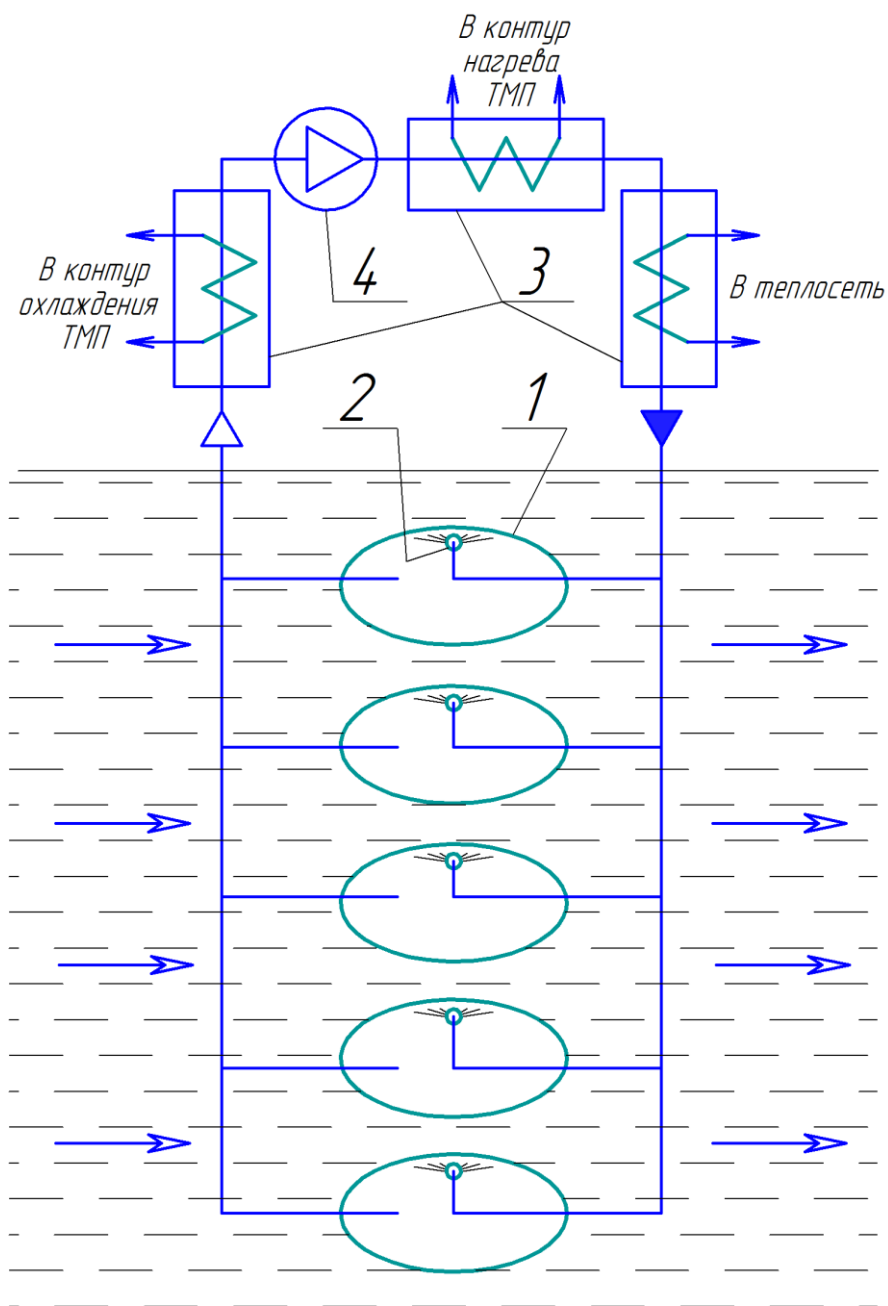


Рис. 1 Схема отбора тепла от речного потока

Всё хорошо, только вот отдаваемой в контур нагрева ТМП температуры явно не достаточно для парообразования и – тем более – перегрева пара, что необходимо для паровой турбины. Выход – в замене паросилового блока тепловым твердотельным двигателем (например, по патенту РФ № 2694568, 2019.).

Рассмотрим устройство и работу этого ТМП (см. рис. 2).

Корпусной блок этого двигателя состоит из основания 1 с неподвижно установленной вставкой 2 и подшипниковым фланцем 3. В периферийных гнездах вставки 2 размещены теплочувствительные элементы (ТЧЭ) 4, в кольцевом углублении с круговыми пазами установлен золотник 5, а в центральном гнезде вставлен вал 6 с наклонным фланцем 7. Для оптимизации режима работы двигателя соединение последних может быть оснащено регулятором 8 угла их взаимного поворота.

Золотник имеет свободную посадку на валу. Они соединены пружиной, обеспечивающей вместе с фиксатором 9 дискретный режим вращения золотника, для чего на торце для фиксации имеется ряд углублений по числу ТЧЭ. Золотник своими каналами сообщается с внешней стороны с гнездами для ТЧЭ, а с внутренней - через пазы вставки - с входными и выходными трубопроводами теплоносителей.

На сферические выступы фланцев ТЧЭ опирается кольцо 10 упорного подшипника. А сами фланцы опираются на биметаллические секции, их наружный слой по сравнению с внутренним имеет повышенный температурный коэффициент расширения.

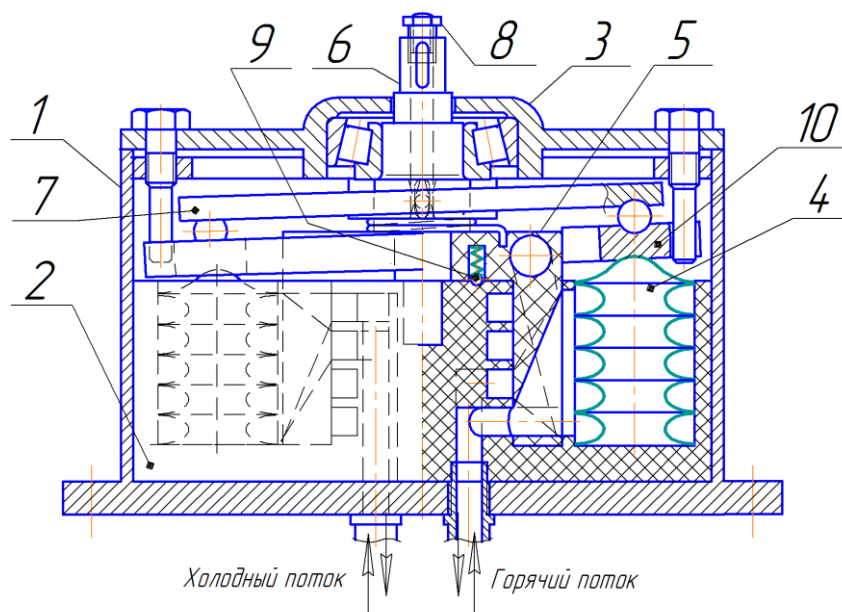


Рис. 2 Тепловой твердотельный двигатель

(Наклонный фланец вместе с подшипником показан повернутым на четверть оборота)

Работает двигатель таким образом.

На кольцо упорного подшипника в любой момент действуют силы от предварительно напряженных ТЧЭ, которые через упорный подшипник передаются на наклонный фланец. При этом на валу создается суммарный вращающий момент:

$$M_{\Sigma} = \sum (F_k \cdot \operatorname{tg} \phi_k) \cdot R_{\text{фл}},$$

где: F_k - сила, приложенная к кольцу от сжатых секций k -того ТЧЭ;

ϕ_k - угол (с учетом знака) уклона канавки наклонного фланца в точке приложения этой силы;

$R_{\text{фл}}$ - радиус окружности по дну указанной канавки.

При равенстве температуры у всех ТЧЭ суммарный момент $M_{\Sigma} = 0$, а вал находится в покое. С подачей из внешней сети через круговые пазы и внутренние каналы золотника нагревающего и охлаждающего теплоносителей равенство температур у ТЧЭ (а следовательно, и баланс противоположно направленных вращающих моментов) нарушается и вал начинает вращаться. При этом осевое усилие на нем воспринимается упорным подшипником фланца корпусного блока. Связанный с валом золотник переключает нагревающий и охлаждающий потоки на очередные ТЧЭ, отчего точка приложения их равнодействующей силы на наклонный фланец смещается, сохраняя на валу вращающий момент. При этом тепло от внешнего источника расходуется только на окончательный донагрев одного - двух ТЧЭ, а предварительный их нагрев обеспечивается за счет рекуперации тепла, отдаваемого предыдущими ТЧЭ при их охлаждении. В результате к.п.д. двигателя резко возрастает.

Таким образом, с подключением внешнего теплоносителя горячий поток, поступающий по штуцеру в основании 1 в круговой паз вставки 2 и далее по каналу золотника 5 к одной-двум секциям ТЧЭ 4, нагревает их, в результате чего их воздействие на кольцо 10 возрастает, а поскольку на этом участке канавка фланца 7 имеет максимальный уклон (см. примечание к рис. 2), этот фланец начинает поворот. С каждым углом поворота $\alpha = 2\pi/n$, (где n - число ТЧЭ), золотник переключает горячий поток на очередные ТЧЭ, при этом необходимое "опережение" нагрева задается регулятором 8, установленным на валу 6 со стороны подшипникового фланца 3. А ранее нагретые ТЧЭ попадают в зону охлаждения. Их тепло переносится встречным охлаждающим потоком по особому каналу в золотнике в зону предварительного нагрева ТЧЭ и в основном передается последним, а остаток по обратному контуру покидает двигатель и может быть утилизирован на другие цели.

Каждый блок такой теплоэлектроцентрали с тепловым насосом может иметь несколько ТМП с электрогенераторами.

Итак, проблема комплексного энергоснабжения в таёжной глубинке решена. Более того, результаты этой инновации несомненно покажут, что такой вариант по сравнению с ГЭС предпочтителен во всех отношениях и даже в обжитых регионах с более спокойными реками.

Только наивно ожидать, что люди, осознав весь вред от построенных ГЭС, дружно примутся за их демонтаж с заменой «бестопливными» ТЭЦ.

Остаётся только надеяться, что перед сооружением **новых** электростанций они хорошенько подумают, стоит ли снова губить Природу?