

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ВОДОНАЛИВНОЕ КОЛЕСО КОЛЫВАНСКОГО КАМНЕРЕЗНОГО ЗАВОДА

В.М. ИВАНОВ

Введение

Колыванская камнерезная фабрика была построена в 1802 г. В этом году ей исполнится 200 лет. В связи с этим администрацией Алтайского края принято решение о восстановлении исторического памятника, включая водяное колесо и гидротехнические сооружения. Работы по реконструкции возглавил Алтай Автодор по проекту, разработанному кафедрой теплотехники, гидравлики водоснабжения и водоотведения (ТГиВВ) АлтГТУ.

1. Современное состояние гидротехнических и гидроэнергетических сооружений Колыванского камнерезного завода (ККЗ)

Водяное колесо диаметром 6,4 м из дерева было центральным двигателем, служащим приводом шлифовальных и сверлильных станков. В 1843 г. на ККЗ была завершена работа над чашей-гигантом 5х3х2,5 м из зеленоволнистой яшмы (Царь-ваза находится в Эрмитаже).

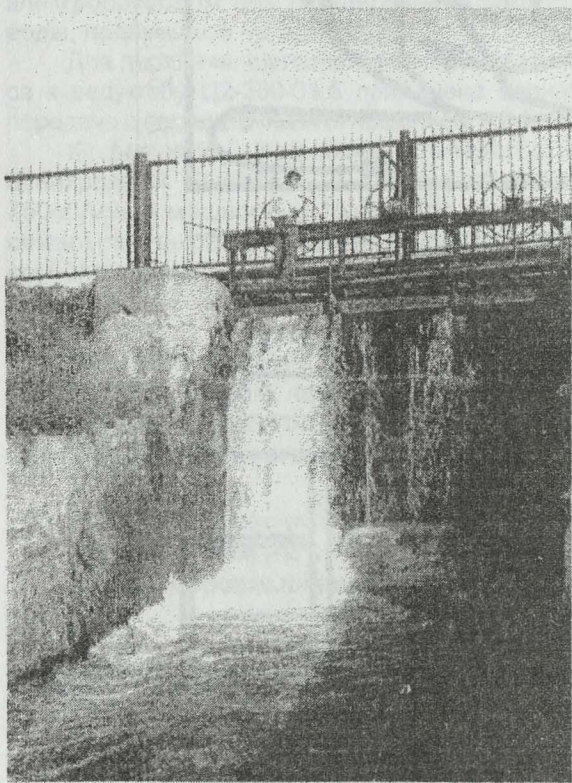


Рисунок 1 - Водосбросные сооружения

До настоящего времени сохранились некоторые исторические сооружения: здание фабрики; земляная плотина высотой 10 м, которая находится в хорошем состоянии (отсутствуют видимые выходы фильтрационного потока в нижнем бьефе плотины); водосбросные сооружения (рисунок 1). Состояние водосбросных сооружений удовлетворительное. На поверхности каменных конструкций под воздействием природных факторов имеются трещины. Русло реки ниже плотины заполнено отходами камнеобрабатывающего производства. Историческое здание, где было установлено водяное колесо, требует капитального ремонта, само водяное колесо отсутствует. От подводящего канала остался только трубопровод, проложенный в теле плотины, диаметром 1200 мм. Отводящий лоток завален камнем. В комнате водяного колеса, высота которой 7,5 м, размеры в плане 8,0х2,8 м, сохранилась только одна опора из камня и отводящий канал в сечении 1,5х1,5 м длиной 30 м с дном из лиственницы.

2. Исследование на модели водоналивного колеса

В лаборатории гидротехнических сооружений малых гидроузлов и микроГЭС кафедры ТГиВВ АлтГТУ создана модель водяного колеса в масштабе М1:2 диаметром 3 м и шириной 0,88 м (рисунок 2). Оптимизирована форма лопаток, позволяющая получить наполнение около 50% от максимально теоретически возможного объема (объема полукольца).

С применением вододерживающего элемента, расположенного в нижней четверти колеса и выполненного в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10 мм от колеса, удалось увеличить наполнение до 60%. По историческим данным наполнение колеса было около 40%.

Вода подавалась на модель колеса насосной станцией, включающей пять насосов К160/30, по трубопроводу диаметром 270 мм с задвижками 250 мм. Максимальный расход воды 200 л/с. Это позволило создать систему автоматического регулирования водяным колесом мощностью 4 кВт. Вместо вала $\varnothing 120$ мм использовали ось $\varnothing 60$ мм.

Для передачи крутящего момента от колеса были исследованы и экспериментально проверены ременная и цепная передачи. Установлено, что использовать ременную передачу для низкооборотного колеса не целесообразно.

Передаточное отношение цепной передачи к редуктору Ц2У-250-50 составляет 1:1,5. К нему подключен асинхронный двигатель с числом оборотов 1500об/мин и мощностью 5.5кВт.

При расходе 200л/с частота вращения модели водяного колеса 18-20 об/мин (окружная скорость составляет 3м/с). При этом максимальная вырабатываемая мощность системы 3 кВт и общий КПД 60% (КПД гидротурбины, например, 90%).

Таким образом, применение водяных колес эффективно только в случае прямого использования гидроэнергии низкооборотными потребителями.

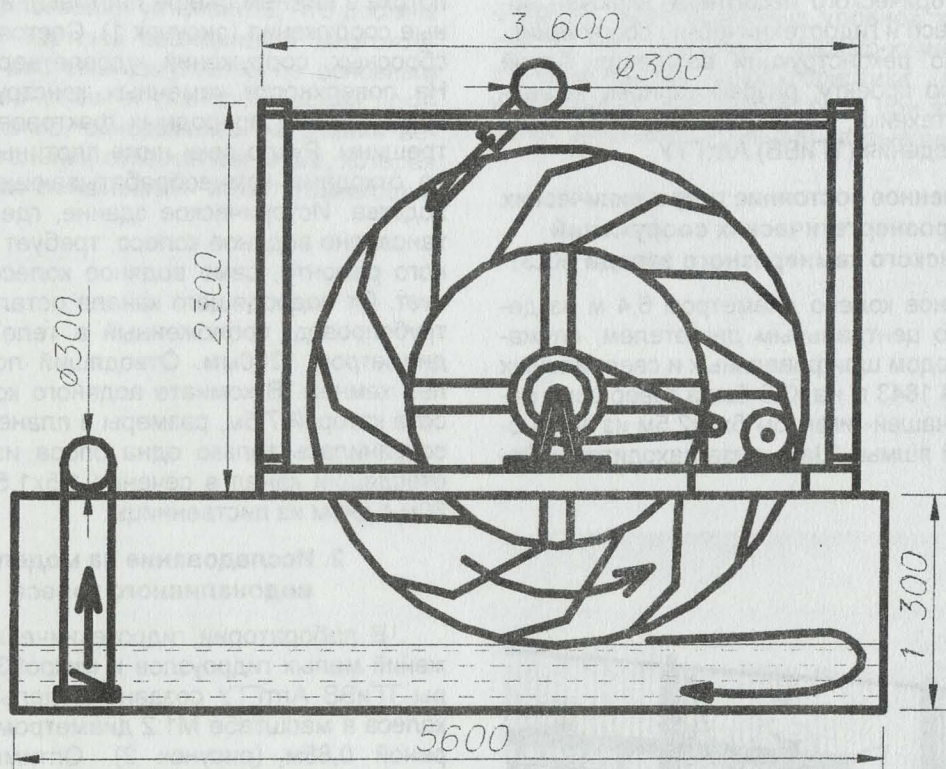


Рисунок 2 - Модель водяного колеса

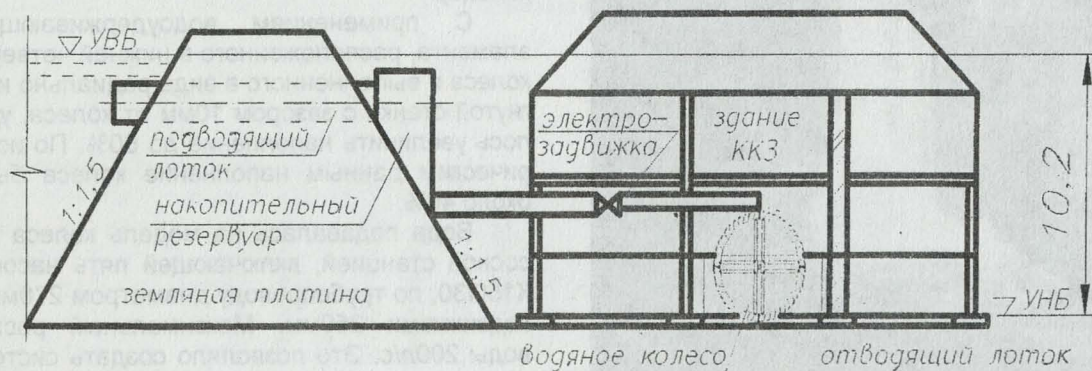


Рисунок 3 - Водяное колесо на Кольванском камнерезном заводе

3. Проект натурального водоналивного колеса

На основе данных, полученных при исследовании модели водяного колеса в масштабе М1:2 $\varnothing 3\text{м}$, разработан проект водоналивного колеса в натуральную величину шириной 0,9м (рисунок 3). Полученная форма лопаток позволяет достичь наполнение около 50% от максимально теоретически возможного объема (объема полукольца).

С применением водоудерживающего элемента, расположенного в нижней четверти колеса и выполненного в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10мм от колеса, наполнение может быть увеличено до 60%. По историческим данным наполнение водяного колеса было около 40%.

Вода подается на колесо из водохранилища по трубопроводам в теле плотины – 1,5х1,5м из бетона, до здания и внутри него из металла соответственно – $\varnothing 0,8\text{м}$ и 0,7х0,7м.

Расчетный расход воды 1000л/с, при этом частота вращения колеса 10 об/мин, а окружная скорость около 3м/с.

Вместо деревянного вала $\varnothing 500\text{мм}$ использована ось $\varnothing 100\text{мм}$.

Внутри здания на подводящем трубопроводе предусмотрена задвижка $\varnothing 500\text{мм}$ с электроприводом для регулирования расхода воды, подаваемой на колесо.

Для передачи крутящего момента от колеса к редуктору Ц2-350-31,5 применена цепная передача с передаточным отношением 1:2,5.

К редуктору подключен генератор – асинхронный двигатель с числом оборотов 750об/мин и мощностью 15кВт. При этом максимальная вырабатываемая водяным колесом электрическая мощность 14 кВт и общий КПД 60% при ориентировочно среднегодовом расходе 500л/с. В летне-осенний период расход снижается до 150л/с.

Таким образом, применение водяных колес эффективно только в случае дешевого источника энергии – потока воды.

4. Поверочные расчеты на статические и динамические нагрузки крепления за водосбросными сооружениями

В теле каменно-земляной плотины ККЗ устроены три водопропускных отверстия с за-

творами высотой 4,5м и шириной 1,5м для пропуска максимального паводка 12,5м³/с (рисунок 4).

Боковые устои выполнены из бетона, а “быки” из металлического двутаврового профиля.

Сопряжение бьефов выполнено быстроходом длиной 25м и перепадом 4,1м.

Русло реки в нижнем бьефе сложено из камней крупностью 150-200мм.

Проведены поверочные расчеты и технико-экономическое сравнение существующего водосброса и сооружений с водосливами практического профиля.

Толщина водобойной плиты, воспринимающей основную нагрузку от падающей воды, складывается из толщины, противодействующей статической нагрузке, и толщины для противодействия динамической нагрузке.

При расчете определено, что “динамическая” толщина составляет примерно 35% от суммарной, а “статическая” около 65%.

Толщина плиты водобойного колодца 2,0м, а при сооружении водобойных стенок – 1,7м.

Общая длина водосбросных сооружений с водобойным колодцем 56м, а с водобойными стенками – 73м.

По объемам бетонных работ устройство быстрохода наиболее экономично.

Недостаток существующего водосброса в отсутствии сооружений гашения энергии потока воды в нижнем бьефе для предотвращения размыва русла в паводковый период.

Заключение

1. Применение водяных колес эффективно только в случае дешевого источника энергии – потока воды и прямого использования гидроэнергии низкооборотными потребителями.

2. По объемам бетонных работ устройство быстрохода в качестве водосбросного сооружения наиболее экономично.

3. Недостаток существующего водосброса – в отсутствии сооружений гашения энергии потока воды в нижнем бьефе для предотвращения размыва русла в паводковый период.

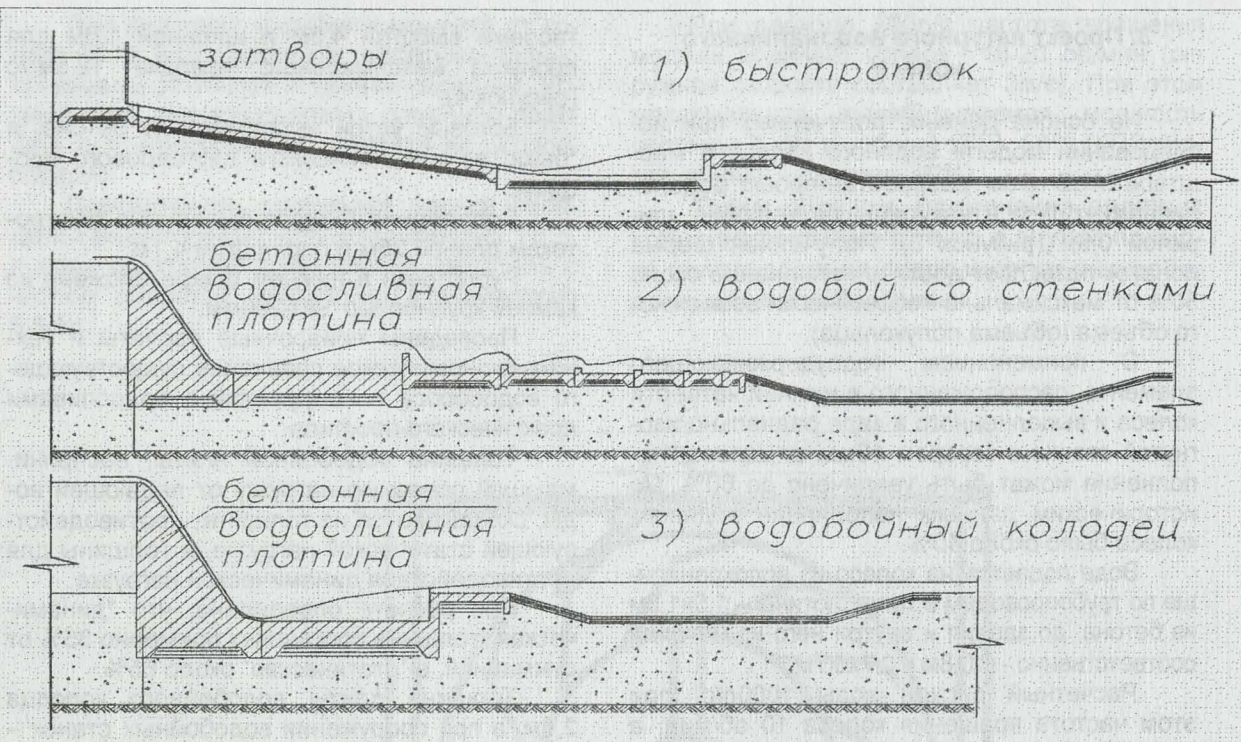


Рисунок 4 - Варианты водосбросных сооружений

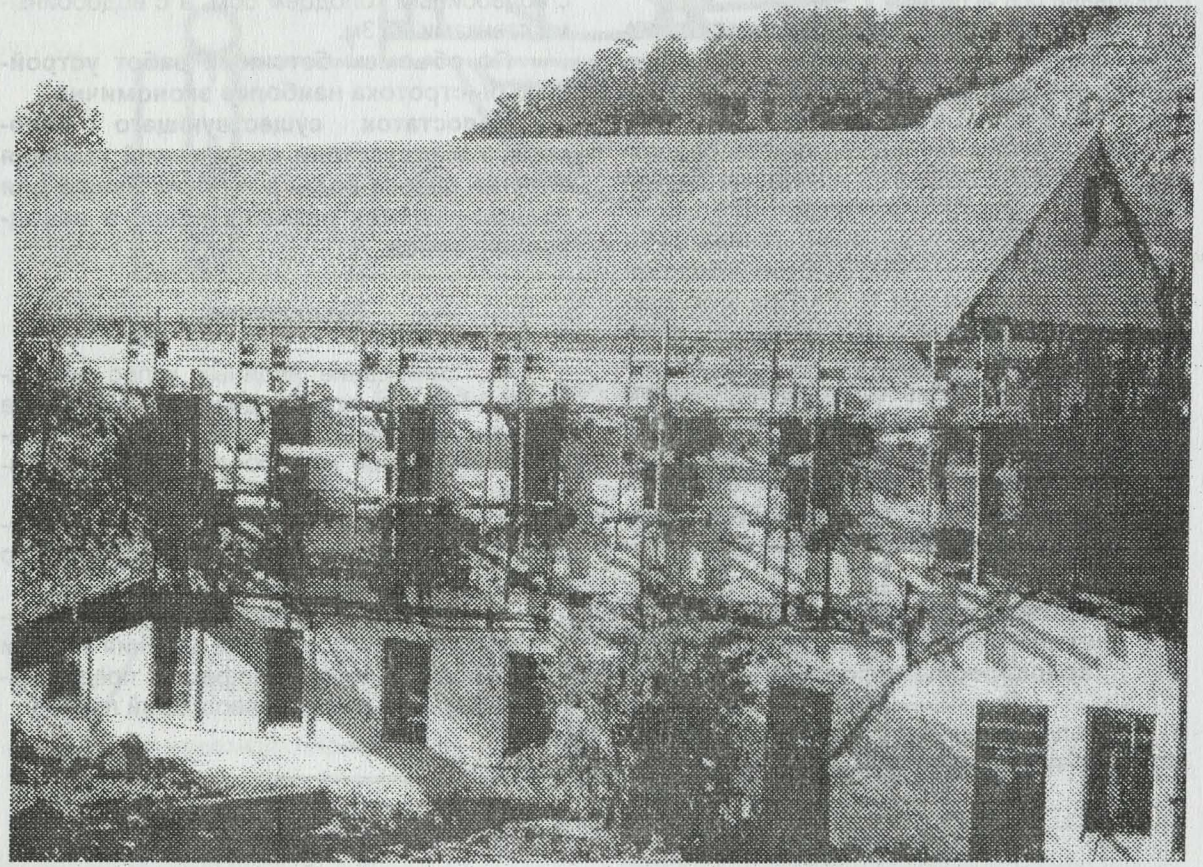


Рисунок 5 - Здание Кольванской камнерезной фабрики