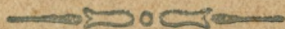
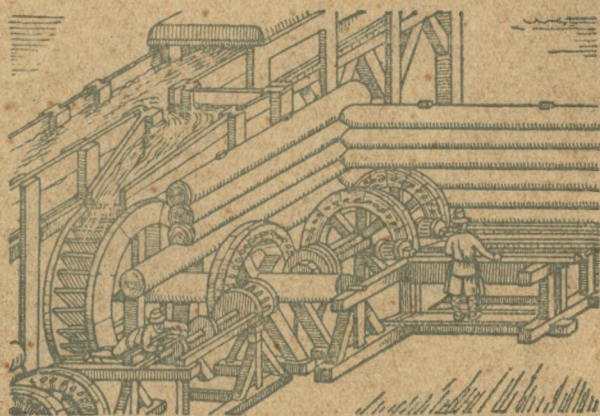


В. В. ДАНИЛЕВСКИЙ



ИСТОРИЯ
ГИДРОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК
РОССИИ ДО XIX ВЕКА



госэнергоиздат
1940

В. В. ДАНИЛЕВСКИЙ

И С Т О Р И Я
ГИДРОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК
РОССИИ до XIX века



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1940 ЛЕНИНГРАД

Индекс ЭГ-30-4-3 (4)

Гр. ТКС № 23 от 10/X 1940 г.

Редактор *инж. В. К. Перих*
Технический редактор *В. Н. Шипов*

Цена 8 р. 23 к.

Сдано в произв. 14 VIII 1940 г.

Подписано к печати 12/XI 1940 г.

Формат бумаги 60X92/16

Изд. № 84. Печ. листов 13

Тираж 2 250 экз.

Учет-авт. листов 16,5

Л 43007

Учетный № 7743

Колич. знаков в 1 печ. листе 47.000

Зак. 2748.

Типография газеты "Правда" имени Сталина, Москва, ул. "Правды", 24.

«Надо, не жалея сил, изучать культурное наследство. Надо знать его всерьез и глубоко. Надо использовать все, что дал капитализм и предшествующая история человечества, и из кирпичей, созданных трудом людей на протяжении многих веков, строить новое здание,— удобное для жизни народа, просторное, полное света и солнца».

В. Молотов. Доклад на XVIII съезде ВКП(б), 1939, ст.р. 51.

ПРЕДИСЛОВИЕ

С трибуны XVIII съезда ВКП(б) тов. В. Молотов указал, что если мы хотим еще быстрее, еще успешнее двигаться вперед к коммунизму, то мы должны усилить борьбу за изучение и использование всего, что дала предшествующая история человечества. Призыв тов. В. Молотова прежде всего относится к борьбе за выполнение задач, поставленных перед нами историческими решениями XVIII съезда ВКП(б). Как одну из важнейших в числе этих задач съезд принял развертывание строительства небольших и средних гидросиловых установок. Тем самым определяется необходимость приступить и к изучению и учету исторического опыта мелкого и среднего гидроэнергетического строительства в СССР.

Строительство мелких гидросиловых установок (мельниц) имело место еще в древней России, достигнув затем большого развития к концу XVIII в. В этом веке Россия была одной из передовых стран по уровню развития гидроэнергетики. Но в дальнейшем, в XIX в., когда в передовых капиталистических странах началось быстрое развитие крупной машинной индустрии, Россия все более отставала по уровню развития гидроэнергетики, как и других отраслей.

К 1917 г. дореволюционная Россия пришла хотя и с большим количеством гидросиловых установок, но крайне отсталых по своему качеству.

45 449 гидросиловых установок с общей установленной мощностью 686 856 л. с. зарегистрировала анкета Русского технического общества, проведенная в 1912 г. (Труды VIII всероссийского электротехнического съезда, вып. II). Только 215 894 л. с. из указанной общей мощности приходилось на гидротурбинные установки. Остальные две трети установленной мощности развивали водяные колеса, в подавляющем большинстве весьма примитивной конструкции. В Западной Европе, и особенно в США, к этому времени гидроэнергетика уже достигла выдающихся успехов. В царской же России «рекордными» были гидростанции вроде установленной на р. Подкумок для обслуживания минераловодских курортов (около 664 квт) или Гиндукушской на р. Мургабе (1 500 квт). Установленные мощности гидросиловых установок колебались в пределах от 10—12 до 100—120 л. с. Основную массу гидросиловых установок составляли примитивные сельские мельницы.

Утилизация водной энергии была тогда не только недостаточной, но и зачастую крайне неудовлетворительной. Выбор места для плотины и самая постройка гидроустановки определялись исключительно частновладельческими интересами. Плотины зачастую способствовали затоплению и заболачиванию поймы, водяные колеса недостаточно использовали водную энергию и т. д.

В конечном итоге уровень развития гидроэнергетики в дореволюционной России вполне соответствовал характеристике страны в целом, данной В. И. Лениным в 1913 г.: «Россия остается невероятно, невиданно отсталой страной, нищей и полудикой, оборудованной современными орудиями производства вчетверо хуже Англии, впятеро хуже Германии, вдесятеро хуже Америки»¹. Господство помещиков и капиталистов осуждало « всю страну на застой и гниение »².

При таких условиях омертвленными в области гидроэнергетики оказывались замечательные предложения лучших представителей передовой технической мысли, в которых никогда не было недостатка в нашей стране. Д. И. Менделеев, публикуя один из таких омертвленных в царской России проектов, разработанный его сыном, прозорливо указал, что наступит время, когда русская мысль и русская воля окрылятся смелостью совершать в области гидротехники дела «еще не бывшие в мире», т. е. не имеющие примеров в мировой практике³.

Такое время наступило с победой Великой Октябрьской социалистической революции. СССР стал страной самой передовой в мире гидротехники. Свойственным только социалистическому обществу является сочетание крупнейшего, среднего и малого гидростроительства, учитывающего и критически использующего весь предшествующий технический опыт. Ставя и разрешая все вплоть до самых мелких задачи исключительно в народнохозяйственном плане, партия и правительство требуют от нас учета и использования всех «кирпичей прошлого». Непременным логическим следствием такой политики является постановление Совета Народных Комиссаров РСФСР № 876 от 15 августа 1931 г., предписывающее: «полное использование архивных материалов, в частности планов, чертежей, экономических и исторических изысканий, в интересах хозяйственного и культурного строительства»⁴.

Документы, хранящиеся в советских архивах, наряду с теневыми сторонами, на которых мы частично останавливались выше,

¹ В. И. Ленин, Как увеличить размеры душевого потребления в России, Соч., т. XVI, стр. 543.

² Там же, стр. 544.

³ Предисловие Д. Менделеева к публикации: «Проект поднятия уровня Азовского моря запрудой Керченского пролива. Составлен Влад. Дм. Менделеевым», СПб, 1899, стр. IX.

⁴ Постановление СНК РСФСР от 15/VIII 1931 г. за № 876: «Об использовании материалов архивных органов РСФСР». Постановление обязывает все центральные и местные учреждения и предприятия РСФСР — «предварительно до производства работ по разработке проектов или планов сооружений, геологических изысканий и т. п. обращаться к архивным органам РСФСР за имеющимися в архивах материалами и для использования их в процессе указанных работ».

раскрывают нам и положительные стороны в интересующем нас вопросе. Документы свидетельствуют об огромном опыте, накопленном старыми русскими гидротехниками, работавшими при самых неблагоприятных условиях. Документы рассказывают нам об исключительной смелости мысли, о великих технических дерзаниях и об относительно больших по тому времени делах, которые были совершены в нашей стране в области гидротехники в отдаленном прошлом. История русской гидроэнергетики дает множество примеров чрезвычайно умелого приспособления к местности, удачного использования местных строительных материалов и получения выдающихся результатов при применении самого примитивного оборудования. Документы знакомят нас со многими забытыми приемами старых русских гидротехников, могущими представить практический интерес в условиях массового строительства мелких гидросиловых установок в СССР. Немаловажной представляется также возможность изучения режима гидротехнических сооружений в целом и в особенности их отдельных деталей, существующих и действующих в отдельных случаях на протяжении столетий. Вместе с тем, история русской гидроэнергетики показывает, как в силу тех или иных специфических условий царской России, в районах, игравших передовую роль в деле развития гидроэнергетики, утилизация водной энергии приходила в упадок и бывшая слава центров гидроэнергетического строительства забывалась, а вместе с тем забывался опыт, накопленный строителями. Яркий тому пример — Алтай, бывший в XVIII в. одним из застрельщиков мирового развития гидроэнергетики, а к 1917 г. пришедший с крайне убогим использованием водной энергии. Примерно в таком же положении к 1917 г. оказалось использование водной энергии в районах рр. Туры, Чусовой, Белой и некоторых других на Урале. А ведь необходимость первоочередного использования именно этих рек, как и алтайского «белого угля», особо отмечена в постановлениях XVIII съезда ВКП(б).

Наконец, факт наличия сравнительно весьма широкого строительства малых гидросиловых установок даже при тех условиях, которые существовали в прошлом, показывает, как велики возможности массового строительства мелких и средних гидросиловых установок в нашей стране теперь.

Но, к сожалению, до последнего времени совсем нет работ, обобщающих историю развития гидроэнергетики в нашей стране, хотя бы даже только для отдельных этапов. Материалы, расплывчатые в советских архивах, в этом плане не изучались. Даже по отдельным частным вопросам истории русской гидроэнергетики почти не было публикаций, за исключением нескольких ограниченных и к тому же весьма неудачных попыток. Только в трудах по истории развития отдельных отраслей иногда попутно затрагивались некоторые вопросы, связанные с историей развития гидроэнергетики. "Совсем нет обобщающих работ по истории гидроэнергетики и за рубежом.

Только как первый опыт предлагается вниманию читателя наша публикация, идея которой возникла у автора во время его экспе-

диционных полевых работ и работ по изучению архивных документов. В центральных государственных архивах Ленинграда, в архивных фондах Академии наук СССР, в Новосибирском областном историческом архиве, в Алтайском краевом историческом архиве и в других архивах удалось разыскать и изучить много материалов по истории русской гидроэнергетики¹. Только небольшая часть из этих материалов использована для настоящей работы, не претендующей на полноту и законченность. Автор поставил перед собой задачу только свести некоторые материалы и в общих чертах познакомить широкие круги с историей развития гидроэнергетики в нашей стране до начала XIX в. Продолжением публикуемой работы нам представляется должно быть изучение истории развития гидроэнергетики СССР в XIX и XX вв., а также одновременное тщательное инженерное изучение приемов, материалов, рецептур, конструкций, применявшихся старыми русскими гидротехниками, а также и других сторон их работы. При содействии Технического совета Наркомата электростанций, Главгидроэнергостроя и Научно-исследовательского института гидротехники в Ленинграде мы уже приступили к некоторым работам в этом направлении². Также считаю необходимым отметить содействие данной работе, оказанное Комиссией по истории техники и естествознания Академии наук СССР.

Все возможные отклики и критические замечания, связанные с нашей работой, просим направлять по адресу: г. Ленинград, дорога в Сосновку, 1/3, Индустриальный институт, Гидрокорпус, заведующему кафедрой истории техники.

АВТОР

¹ В целях экономии места названия архивов даны сокращенно в пояснительных текстах к рисункам. Центральный государственный архив в Ленинграде — ЦГАНХЛ.; Новосибирский областной исторический архив — НИА; Центральный государственный военный архив в Ленинграде — ЦГВА, Л.

С целью дать возможно более четкие рисунки публикуем в подавляющем большинстве случаев не оригиналы, а выкопировки из многочисленных, разысканных нами, архивных чертежей XVIII в., зачастую выцветших и к тому же цветных. Выкопировки точно соответствуют оригиналам. Для удобства чтения надписи даны современным шрифтом, сохраняя самый текст XVIII в. Нумерация на выкопировках по большей части соответствует оригиналу, в силу чего многие номера бывают пропущены. При отсутствии номеров подряд мы сочли возможным иногда выделять в пояснительных текстах в первую очередь наиболее важные для нас объекты. Допуская приведенное, мы руководствовались стремлением дать материалы XVIII в. в наиболее доходчивой форме.

² Работы проводятся нами по кафедре истории техники Ленинградского индустриального института, по планам научно-исследовательских работ которой выполнено и настоящее исследование.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ ДО XVIII в.

§ 1. ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ ДО КОНЦА XVI в.

Утилизация водной энергии началась в России еще в глубокой древности. В весьма ранних памятниках русской письменности встречаются такие термины, как «мельник», «мельница»¹.

В актах, относящихся к XIII в., упоминаются водяные мельницы как для северо-восточной, так и для юго-западной территории древней Руси². В ярлыке хана Менгу-Темира, данном в 1267 г. с целью определить владения духовенства, называются водяные мельницы.

Много упоминаний о водяных мельницах встречается в документах XIV—XV вв. Так, например, 17 марта 1375 г. подольский князь Александр Корпатович дал жалованную грамоту Смотрицко-Доминиканскому монастырю, подтверждавшую монастырские права на водяную мельницу с прилегающими к ней угодьями. Великий князь Дмитрий Донской в 1389 г. по духовному завещанию отказал своей жене село Семцинское с мельницей на р. Язуе. В духовной грамоте князя Владимира Андреевича, датируемой 1410 г., упоминаются села: «Поповское на Коломенке с мельницею. Кольчево на Неглимне мельница; Курьясов с луги да на устьи Мьстицы мельница, Косино с тремя озерами да мельница на устьи Язузы»³.

Следует сказать, что наряду с водяными мельницами в древней Руси устраивались гидротехнические сооружения и другого назначения. В числе таковых особенное распространение получили так называемые «езы» — перегородки из прутьев и кольев, сооружаемые поперек речки и имеющие отверстие для верши или кошеля для ловли рыбы⁴.

В уставной грамоте, данной в 1391 г. митрополитом Киприаном Константиновскому монастырю, в числе обязанностей монастырских крестьян указано сооружение «еза»: «ез бити и вешней и зимней,

¹ См. «Материалы для терминологического словаря древней России». Составил Г. Е. Кочин, М.-Л., 1937, стр. 188.

² Н. Аристов, Промышленность древней Руси, СПб, 1866, стр. 63.

³ Н. Аристов, Ук. соч., стр. 64.

⁴ Н. Аристов, Ук. соч., стр. 22. Иногда «езами» называли сланевые плотины (см. гл. VI).

сады оплетать, на невод ходити, пруды прудити (устраивать запруды.— В. Д.), на бобры им в осени не поити, а истоки им забивати... сежи и дели неводные наряжают»¹.

К 1519 г. относится известие: «князь Великий Василий Иванович пруды копал и мельницу каменну доспел на Неглинне»². Имеются указания, что упомянутая плотина Василия III направляла воду через подземный ход в ров, сооруженный Алевизом еще в 1502 г. вдоль кремлевских крепостных стен со стороны Красной площади. Современные исследователи полагают, что питание водой некоторых кремлевских и китай-городских крепостных рвов в XVI в. осуществлялось при помощи систем «плотин и шлюзов под мостами»³.

Упоминания о русских водяных мельницах XVI в. встречаются и во многих других источниках, относящихся к самым разнообразным районам европейской части нашей территории, вплоть до крайнего севера. К 1560 г. относится известие о постройке водяных мельниц на Соловецких островах⁴.

Водяные мельницы в России, как и в других странах, строили сначала для переработки продуктов сельского хозяйства, прежде всего для привода мукомольных поставов, а затем крупорушек, сукновален. Но уже в XVI в. водяной двигатель в России выходит за пределы узкого круга функций, ограниченных переработкой сельскохозяйственной продукции.

Имеются документальные свидетельства, что во второй половине XVI в. в России существовала бумажная мельница. К 1564 г. относится сообщение Рафаэля Барберини про москвичей: «затеяли они также ввести делание бумаги и даже делают»⁵. Документы свидетельствуют, что в подмосковной деревне Вантеево местный помещик содержал в XVI в. на реке Уче «бумажную мельницу», переставшую существовать к 1576 г.⁶

Приведенные материалы, конечно, отнюдь не исчерпывают вопроса о распространении и характере гидросиловых установок в России до конца XVI в. Кроме того, не следует забывать, что для рассматриваемого периода отсутствуют какие-либо документы, обобщающие сведения о гидросиловых установках. Использованные нами факты взяты из источников, не имеющих непосредственного отношения к гидротехническим сооружениям, в частности, к мельницам, так как мы располагаем источниками, лишь попутно упоминающими о таких установках.

¹ Акты, изданные Археографической экспедицией, т. I, № 11.

² Полное собрание русских летописей, т. III, стр. 198.

³ «По трассе первой очереди Московского метрополитена им. Л. М. Кагановича», Л., 1936, стр. 111—112.

⁴ «Летописец Соловецкий на четыре столетия от основания Соловецкого монастыря до настоящего времени, т. е. с 1429 по 1833 г.», изд. III, Москва, 1833, стр. 32.

⁵ Н. П. Лихачев, Бумага и древнейшие бумажные мельницы в Московском государстве, СПб, 1891, стр. 84.

⁶ Н. П. Лихачев, Ук. соч., стр. 85. Упомянутую «бумажную мельницу» данный автор считает «первой русской фабрикой бумаги».

Первая попытка использовать водную энергию такой большой реки, как Волхов, относится еще к началу XVI в. Такая попытка могла быть сделана только в то время, когда использование малых водотоков для привода в действие водяных колес стало уже самым обыденным явлением.

В записи за 1528 г. в IV новгородской летописи сообщается, что к новгородскому архиепископу Макарию: «приде некий хитрец от Псковские страны... и возрев на Волхов реку и нача говорити: „аще бы кто повелел, сделал бы еси на сей реце мельницу”»¹. В 1-й псковской летописи, датирующей тоже событие 1524 г., точно указано, что с предложением «мельницу поставити, где искони не бывало, на славной реце, на Волхове», — к архиепископу Макарию пришел «Невежа Псковитин, Снетногорского мелника человек». По словам псковского летописца, «нецъии», т. е. некоторые люди, утверждали: «Волхов наша съмолоду не молола; ачи на старость учнет молоть». Но, не взирая на сомнения, Макарий распорядился строить плотину и мельницу «где пригоже».

Псковитин выбрал место на Софийской стороне, ниже моста «на рельке (видимо, название урочища.—В. Д.), а ту рельку прежде изъначала звали Крюк, а на ней прежде жили нарочитые дворяне владычня двора».

Новгородская летопись дает следующее описание строительства: «И начаша от тои рельки делати срубы великие и вести верх по реце ко владычню двору и берегу и топите те срубы камением велицем на дно Волхова, чтобы ему (Невеже Псковитину.—В. Д.) отняти часть у Волхова, куда быстринам водным течи; таже и ограду сдела, и колесо постави, и камень жерновый постави, и камень нача и вертеться, тако видети, кабы ему и молоти».

По псковской летописи, когда «мужик Невежа нача пруды делати», по распоряжению Макария, «начаша монастыри и Великий Новгород концами («концы» — районы города.— В. Д.) возите на судех камен вален (валуны—В. Д.) и сыпати в пруды и возведоша пруд сверх воды и угрузиша дно пруда».

При всей краткости обоих сообщений они дают достаточно ясную картину. Псковитин выбрал место для строительства на берегу р. Волхова, примыкающем к новгородскому кремлю. Плотина, видимо, не должна была пройти через всю реку, а только «отняти часть у Волхова» у берега с наиболее быстрым течением («куда быстринам водным течи»)².

Строительство по тому времени было огромным. Под руководством Псковитина рубили «срубы великие» — ряжи. Все районы

¹ При последующем изложении о строительстве плотины на Волхове нами использованы, с разрешения автора, тексты в той редакции, как они даны в подготовленном к печати труде: М. К. К а р г е р, История новгородского зодчества.

² Плотина Псковитина, преграждающая часть русла реки, представляла собой конструкцию, известную впоследствии под названием буна. Судя по стремлению Псковитина освоить быстрины, водяные колеса его установки были так называемого пловучего типа, использующие кинетическую энергию. Поэтому он решил использовать место с наибольшей скоростью течения, увеличив при помощи буна скорость подхода.

Новгорода («концы») и монастыри были привлечены к строительству. Ряжи подвозили на плавку к местам установки их. Новгородцы везли на судах к ряжам валуны и загружали ими ряжи с тем, чтобы «топяти те срубы камением велицем». Слова «возведоша пруд сверх воды и угрузиша дно пруда» говорят в пользу предположения о том, что на глубоких местах наращивали ряжи по мере затопления их. Так создали ряжевую плотину, на которой установили затем мукомольную мельницу, действовавшую сначала успешно¹.

Первый же паводок разрушил Волховскую плотину Псковитина. «Пришед вода и разнесе пруд», — кратко сообщает псковская летопись.

Автор новгородской летописи уделил катастрофе много больше места, чем даже самому строительству. Летописец необоснованно обвинял Псковитина в том, что он «скрыл» от Макария следующее: «токмо едины три поприща от града стоит в версе озеро, рекомое Илмерь (Ильмень), и в него впадают, сказывают прежние человеце, до треи сот рек великих и малых, а тое озеро токмо единым тем Волховом проходит сквозь весь Великий Новгород и входит в езеро Ладожское».

По словам новгородского летописца весной лед начал разрушать «древие и срубы» плотины. Затем начался очень сильный паводок: «тогда и по удолиям вода течаху». Паводок разрушил плотину и «разнесе и самое то место, идеже жерно стоя». После паводка на месте плотины и мельницы «не бысть ничего, толико мало срубов осталось, да камение в воде».

Летописец полностью обвинял в катастрофе Псковитина, называя его «въконец безумным». Инициатору первой попытки покорить Волхов пришлось бежать из Новгорода. «И из града избеже, неведомо камое скрыся и донине погиге», — заканчивает описание автор новгородской летописи.

Эпически заключает псковский летописец историю события: «не сбьется владыки Макарию поставити на Волхове мельницы».

И не только Макарию, но и никому другому на протяжении сотен лет после попытки Невежи Псковитина не удавалось заставить энергию Волхова служить человеку², вплоть до победы советской власти в нашей стране.

¹ Нам не удалось разыскать сведения о более раннем применении способа установки и загрузки ряжей, созданного Псковитином и несомненно представляющего его оригинальное изобретение. Также не удалось разыскать сведения о каких-либо более ранних или современных Псковитину установках, аналогичных созданной им. Особенно важно отметить, что изобретенный Псковитином способ установки и загрузки ряжей применяем мы теперь. Таким образом возможно, что мы пользуемся при строительстве гидротехнических сооружений плодами русского творчества XVI в.

² Из нереализованных позднейших проектов утилизации водной энергии р. Волхова следует отметить проект В. Ф. Добротворского (см. его доклад «Электротрансдачи силы порогов Волхова, Наровы, Вуоксы в СПб» Доклад 29 декабря 1899 г. «Труды I всероссийского электротехнического съезда», т. III, 190.1, стр. 295—302).

Ровно через четыреста лет после строительства Псковитина и Макария — 19 октября 1926 г. — Волховская ГЭС послала свой первый ток в Ленинград.

Хотя попытка первого строителя плотины на Волхове в конечном итоге закончилась катастрофой, тем не менее мы должны признать исключительную смелость и талантливость Невежи Псковитина, сумевшего построить плотину и мельницу на р. Волхове в условиях XVI в. Особенно замечательна деятельность Псковитина тем, что он одним из первых, не только в русской истории, поставил вопрос о возможности утилизации водной энергии больших рек путем непосредственной постройки на таковых плотин. Самый принцип строительства — рязежая конструкция плотины — по тому времени представляется весьма замечательным.

При всей отрывочности и скудности сведений о гидросиловых установках в России до конца XVI в. изучение истории развития таковых свидетельствует о том, что еще в те отдаленные времена немалая работа уже была проведена первыми русскими строителями плотин и водяных двигателей. Но, конечно, в условиях феодальной раздробленности развитие гидроэнергетической техники здесь, как и в других странах, было весьма ограниченным.

§ 2. ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ В XVII в.

В XVII в., как показал В. И. Ленин, наступает новый период русской истории. До этого периода — «государство распалось на отдельные земли, частью даже княжества, сохранявшие живые следы прежней автономии, особенности в управлении, иногда свои особые войска (местные бояре ходили на войну со своими полками), особые таможенные границы и т. д. Только новый период русской истории (примерно с 17 в.) характеризуется действительно фактическим слиянием всех таких областей, земель и княжеств в одно целое. Слияние это вызвано было не родовыми связями ...и даже не их продолжением и обобщением: оно вызывалось усиливающимся обменом между областями, постепенно растущим товарным обращением, концентрированием небольших местных рынков в один всероссийский рынок. Так как руководителями и хозяевами этого процесса были капиталисты — купцы, то создание этих национальных связей было ничем иным как созданием связей буржуазных»¹.

В новых условиях по-новому используются в России гидросиловые установки, применяемые в XVII в. для выполнения как ранее известных, так и новых задач.

Насколько значительным стало число водяных мельниц в России в XVII в., можно судить по тому, что правительству приходилось принимать специальные решения для того, чтобы упорядочить строительство мельничных плотин, зачастую препятствовавших использованию рек в качестве водных путей, а также подтапливавших броды и старые сухопутные дороги.

В «Соборном Уложении» царя Алексея Михайловича, представлявшем основной закон того времени, отдельные параграфы рассматривают специально вопрос о водяных мельницах. В 17—18

¹ В. И. Ленин. Что такое «друзья народа», Соч., т. I, стр. 73.

параграфах IX гл. «Уложения» записано постановление: «А которыми реками суды ходят, и на тех реках прудов новых, и плотин, и мельниц не делать, чтобы по тем рекам новыми прудами и плотинами судового ходу не перенять.

А буде кто на такой реке плотину и зделает, и ему у той плотины для судового ходу зделати ворота, чтобы теми вороты мочно было судам ходити»¹. Там же предписывалось делать ворота в «езах для рыбные ловли». Пошлины («мыты») за пропуск через новые плотины и езы были отменены. Следующий, 19-й, параграф содержал запрещение «не бив челом государю» самовольно завести «мыты и перевозки и мостовщины». Особое внимание обращалось на самовольную постройку мельниц, подтапливавших дороги и броды. В этом случае не только запрещалось взыскивать всякие «мыты» с проезжающих, но и предписывалось сносить такие мельницы. Владельцам предоставлялось право ходатайствовать о сохранении мельниц с обязательством устроить дороги, «мосты и перевозки добрые».

Водяную мельницу в XVII в. можно было встретить и в царском поместье, и в боярской вотчине, и в городе, и в маленькой деревне. Много мельниц было в Москве, как по более крупным речкам (Яуза, Неглинка), так и по мелким водотокам. Особенно крупные плотины и мельницы были, конечно, в поместьях царя и бояр. Сохранилось описание одной из таких мельниц в царской подмосковной усадьбе, в Измайлово: «на той же речке Измайловке мельница Виноградная, плотина каменная, насыпана землею, около плотины перила каменные с ростесками, 23 спуска железных, слив каменный и мост отводной вымощен дубовым брусем; открылки забраны бревны дубовыми: чрез слив мост дубовый наслан байдашным тесом; плотина длиной 87 саж., шириной 12 саж., вышиной 3 саж. Пруд по мере в длину 590 саж., в ширину 103 саж.»².

Одним из крупных гидротехнических сооружений Москвы XVII в. была новая плотина Красносельского пруда, существовавшего, видимо, с первой четверти XV в., когда он был известен под названием Великого³.

Забелин сообщает, что 7 июля 1684 г. было дано распоряжение о постройке здесь новой плотины: «велено на Красносельском пруде плотину сделать: обе стороны спуска срубить 40 прясел трех сажень, а рубить те обрубе по 5 венцов, в две стены избицами, а всякое прясло снавривать по две иглы; да наместить переезжий мост и вытесать с перилами и с решетками; а обруба сруба хво-

¹ «Уложение, по которому суд и росправа во всяких делах в Российском Государстве производится, сочиненное и напечатанное при владении е. в. государя царя и великого князя Алексея Михайловича всея России самодержца, в лето от сотворения мира 7156». II изд. Академии наук, 1737, стр. 26.

² Цитировано по А. П. Смирнову, Древние гидротехнические сооружения Москвы. («По трассе первой очереди) Московского метрополитена им. Л. М. Кагановича», 1936, стр. 150.

³ Пруд на р. Чечере засыпан в самом конце XIX в.; находился на территории между нынешними Комсомольской площадью и Красносельской улицей.

ростом выслать, где доведется и землю насыпать и плотина выравнивать с землей по обе стороны проезжего мосту, с мостом наровень, и все сделать против прежнего, как плотинных дел подмастерье укажет»¹.

При постройке московского метрополитена на территории, где когда-то находился Красносельский пруд, были вскрыты три ряда береговых креплений². Первый ряд, о котором предполагают, что он возможно относится к XV—XVI вв., состоит из забитых в ряд вдоль берега пруда рубленых досок (длинной по 5 м, при ширине 0,20—0,25 м и толщине около 0,07 м). Для укрепления досок были забиты в грунт на расстоянии 1,5—2 м один от другого столбы, в пазах у верхних концов которых укреплялись четырехгранные горизонтальные бруски (0,20 м ширина при 0,10 м толщины). Кроме того, судя по описанию, непосредственно между досками были забиты на расстоянии 1,5—2 м бревна, в вертикальные пазы которых заходили соседние доски. Второй ряд, расположенный на расстоянии 1 м параллельно первому, примерно той же конструкции с тем отличием, что иногда заложены между бревенчатыми стойками вместо вертикальных досок — горизонтальные бревна (диаметр — 0,20—0,25 м), концы которых заделаны в вертикальные пазы стоек. Третий ряд, несколько иной конструкции, состоит из пиленых досок на шпунтах и относится к более позднему времени.

Чрезвычайно большое распространение имели в XVII в. водяные мельницы на территории Украины. В 1666 г. по распоряжению правительства гетман Брюховецкий, возвратившись из Москвы, провел перепись в городах, местечках, слободах, «жилицких тяглых людей дворов» и в селах и деревнях «крестьянских и бобыльских дворов». В числе прочего объектами переписи были водяные мельницы³.

Следует отметить, что в переписные книги не были включены дворы и угодья украинских казаков, а в том числе и казачьей старшины, именно в руках которой было сосредоточено, видимо, наибольшее количество водяных мельниц⁴.

Кроме того, сохранившиеся переписные книги 1666 г. охватывают только небольшую часть Украины, ограниченную лишь бассейном некоторых из левобережных притоков Днепра (от р. Сулы до р. Ворсклы). Но и эта территория охвачена чрезвычайно неполно: пропущены рр. Оржица, Голтва, Грунь и др.; также и по включенным в перепись рекам охвачено не все их течение.

На 14 небольших реках, значащихся в переписных книгах, было

¹ См. И. Е. Забелин, *Домашний быт русских царей в XVI—XVII столетиях*, М., 1895, ч. I, стр. 610.

² Детальное описание см А. П. Смирнов, *Ук. соч.*, стр. 150—151.

³ А. Лазаревский, *Малороссийские переписные книги 1666 г.* «Чтения в Историческом обществе Нестара летописца», Киев, 1899, кн. XIII, отд. III, стр. 35—139.

⁴ См. далее в гл. II. В переписных книгах учтены только те из казачьих мельниц, которые были установлены при плотинах, использовавшихся казаками совместно с мещанами. Как непосредственный объект переписи значатся только «мельницы мещан».

учтено около 50 плотин и 300 водяных колес¹. Только на р. Удае учли девять плотин и при них 72 водяных колеса. На р. Псел при семи поселениях — Ярьски, Шишак, Белоцерковца, Остапье, Балыклейка, Менжелеевка, Голтва, т. е. только по небольшой части среднего течения, было включено в переписные книги восемь плотин и при них 64 водяных колеса, не считая восстанавливавшихся при плотине в м. Голтва.

Согласно тексту переписных книг при упомянутых плотинах значились следующие по своему назначению установки: 159 мельниц, без указания назначения (видимо, так выделены мукомольные), 48 толчей (крупорушки), кроме того, особо даны девять толчейных колес, два сукновальных колеса.

Помимо указанных в использованном источнике мельниц можно назвать еще существовавшие в том же районе в XVII в. на р. Удае мельницы в сс. Круче, Кебайловке, Каплинцах, Гурбинцах² и др. Также можно указать дополнительные данные по плотинам XVII в. и на других украинских реках. В количестве мельниц недостатка не было. Но далеко не все мельницы были построены удовлетворительно, крайне беспорядочно сооруженные плотины часто мешали одна другой и, что особенно важно, зачастую вызывали заболачивание больших пространств поймы реки³.

Одновременно с очень большим распространением мельниц, обслуживающих сельское хозяйство, в XVII в. резко возрастает число гидросиловых установок для промышленных нужд⁴.

В XVII в. было построено на подмосковных реках несколько бумажных мельниц. Весной 1655 г. патриарх Никон приказал начать строить на р. Пахре бумажную мельницу «в государевой зеленой слободе»⁵: «Мельница строилась на р. Пехре (Пахре.—В. Д.) рядом с бывшею здесь мукомольною мельницею, выписанными из Москвы рабочими — плотниками, каменщиками и «паперниками»; бревна, доски, брусья и разный строительный материал доставлялся тоже из Москвы водою на плотах и судах. Главным бумажным мастером все время был Иван Самойлов; помощниками его по устройству мельницы были хлебный мельник Матвей Христофоров и мастера бумажного дела Иван Маковецкий и после Яков Вертанский, черпальщик Кондрат Марков и подчерпальщик белорусец Иван Яковлев». Место для постройки выбрали неудачно. Через два года мельницу разрушил паводок: «16-го числа марта 167 года (1659 г.) пошла вода с гор и учала плотину портить и спуски вода снизу и сверху поняла и мельница стала на пойме». Сведений о восстановлении данной мельницы у нас нет. Возможно,

¹ Реки Удай, Смоша, Лисогор, Иваница, Ромен, Гайворон, Березовица, Ичня, Сула, Хусса, Кишкан, Хорол, Псел, Ворскла; кроме того, одна плотина значится «на пруде» (с. Гмыровка) и одна плотина «на кринице» (с. Брехуновка).

² Е. Оппоков, Речные долины Полтавской губернии, 1905 г., ч. II, стр. 42—43, 203—238.

³ См. Е. Оппоков, Водные богатства Украины, 1925, стр. 60 — 62 и др.

⁴ В начале XVII в. некий Елисей Плетнецкий устроил «паперню в Радомышлю, коштом не малым, на подивление в том краю». См. журнал «Писчебумажное дело» № 2, 1904, стр. 56.

⁵ Н. Лихачев, Бумага и древнейшие бумажные мельницы в Московском государстве, СПб, 1891, стр. 84.

что взамен ее на р. Пахре, но в более удачном месте была сооружена вторая, упоминающаяся в документах, бумажная мельница. А именно, в 1666 г. построил и взял на оброк бумажную мельницу на р. Пахре Иван Иванович Сведен¹. Известны также свидетельства о постройке некоторых других бумажных мельниц в XVII в. Ссылаясь на свидетельства Кильбургера, Н. П. Лихачев отметил существование двух бумажных мельниц в 1674 г., а также привел данные о бумажной мельнице на р. Язуе, которая была «в откуп за иноземцем Еремеем Левкиным с 184 по 189 год», т. е. с 1676 по 1681 г. К 1677 г. относится упоминание о бумажной мельнице у «Соловецкой пустыни», данное в документах о хождении царя Федора Алексеевича на богомолье². По мнению Любомирова, во второй половине XVII в. в России работали четыре бумажных мельницы³.

В 1634 г. «бархатного дела мастер» Ефим Фабрикант получил на льготных условиях право на заведение в России «мельниц и сушилен для выделывания лосиных кож»⁴. Источник, однако, не упоминает, были ли построены такие мельницы, равно как нет указаний и о самом способе привода в действие этих мельниц.

Водяной двигатель в России XVII в. получил применение и для нужд водоснабжения. Павел Алеппский сообщил, что в 1654 г. крепость в Путивле снабжалась водой из водоема, в который «вода скрытно накачивается колесами из реки».

Наиболее выдающимся событием в развитии гидроэнергетики в России XVII в. было создание подмосковных металлургических и металлообрабатывающих заводов с гидросиловыми установками⁵. Четыре городищенских завода, построенные на р. Тулице Андреем Денисовичем Виниусом в 30-е годы XVII в., были первыми в России металлургическими заводами с гидравлическими двигателями⁶. Вслед за тем был построен ядерный завод на р. Ваге Марселисом и Акемой. В 1653 г. они же построили на р. Скниге Каширские заводы при четырех плотинах⁷.

¹ Д. Цветаев, Протестантство и протестанты в России, М., 1890, стр. 716.

² Н. П. Лихачев, Ук. соч., стр. 83.

³ П. Г. Любомиров, Очерки по истории русской промышленности в XVIII и начале XIX в., ч. I, 1930, стр. 130.

⁴ Д. Цветаев, Ук. соч., стр. 716.

⁵ Собрание документов опубликовано Археографической комиссией Академии наук: «Крепостная мануфактура в России, часть I. Тульские и Каширские заводы». Издат. Академии наук, Ленинград, 1930. См. И. Гамель, Описание Тульского оружейного завода в историческом и техническом отношении, М., 1826, стр. 6—9. Описание заводов, отдельных заводских сооружений (плотин, ларей, колес и т. д.), а также реконструкции на основании документов дал Г. Б. Бакланов в книге: Н. Б. Бакланов, В. В. Мавродин, И. И. Смирнов, Тульские и Каширские заводы в XVII в., М.-Л., 1934, стр. 22—74 и стр. 152—160. См. также Н. Бакланова, «Городищенские заводы», «Металлургические заводы на территории СССР с XVII в. до 1917 г. Чугун, железо, сталь, медь», под ред. акад. М. А. Павлова, Академия наук СССР, 1937, стр. 239—247; стр. 171—175, стр. 56—57 и др.

⁶ Н. Бакланов, В. Мавродин, И. Смирнов, Тульские и Каширские заводы в XVII в., стр. 13.

⁷ Ведменский, Саломыковский, Чернцовский, Елкинский заводы, Крепостная мануфактура, т. I, стр. 30—40.

В 1656 г. Марселис и Акема взяли «на оброк» Поротовский завод, построенный Милославским на р. Протве. В 1659 г. Марселис и Акема присоединили к своим владениям Угодский завод на р. Угодке¹.

Реконструированный Н. Б. Баклановым на основании текстовых документов генеральный план Поротовского завода (рис. 1)² дает

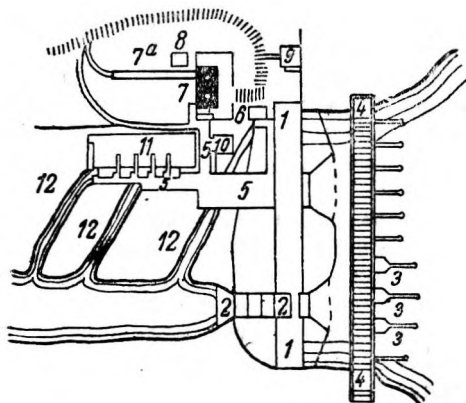


Рис. 1. Гидротехнические сооружения Поротовского завода в XVII в. (по Н. Б. Бакланову). 1 — плотина; 2 — водоспуск; 3 — быки; 4 — мост; 5 — лари; 6 — вертельня; 7 — домны; 7а — мост на домну; 8 — изба для мастеровых; 9 — изба «делают в ней ядерные фурмы»; 10 — мучная мельница; 11 — молотовая кузница; 12 — каналы для сброса отработавшей воды.

с затворами для сброса излишних и прибылой воды»⁵. Водоспуск устраивали много выше основания плотины. Через водоспуск делали мост⁶. Для защиты прореза со-

представление о планировке завода и его гидротехнических сооружениях, соответствующих описанию, данному в 1663 г. стольником Афанасием Фонвизиным.

Наиболее крупным и дорогим сооружением завода была плотина³. Длина плотин колебалась в пределах от 40 до 140 саж. (85—200 м). Там, где в источниках упоминается высота плотин, она определяется величиной 3 саж — 6,5 м⁴. По роду материалов, из которых возводилось тело плотины, на заводах России XVII в. были земляные плотины (тело плотины составляли земля, глина, камни). Вся плотина или только наиболее ответственные части ее одевались деревянной обшивкой, укрепляемой сваями. В каждой плотине имелся водоспуск (вешняный прорез)

вод: «спуск воденой для вешней

¹ Указанные нами и другие вододействующие металлургические заводы XVII в. сведены на: «Карте железных заводов средней полосы России во второй половине XVII в.». Приложена к «Крепостной мануфактуре», т. I.

² Н. Бакланов, Ук. соч., стр. 33, 35—37. См. «Крепостная мануфактура», т. I, стр. 93—95.

³ Например, о втором Городищенском заводе в документе сказано: «Плотина в длину 42 саж., поперек 6-ти саж., от подошвы вверх в высоту 3-х саж.» («Крепостная мануфактура», т. I, стр. 22). На четвертом Городищенском заводе «плотина 110 саж., подшва 12 саж., вверх 7 саж. (видимо, ширина по веру — В. Д.), от подшвы вешняка 3 саж.» (там же, стр. 25). В группе Каширских заводов на Ведминском: «Плотина длиною 140 саж., в почве шириною 14-ти саж., вверх 7 саж.» (там же, стр. 30). В той же группе заводов на Саломыковском: «плотина длиннику 103 саж., шириною в подчве 14-ти саж., вверх 7-ми саж., от почвы в высоту поднята 3 саж.» (там же, стр. 32).

⁴ Высота плотин указана не всегда, так как лица, составлявшие в XVII в. описания плотин, испытывали затруднения, не зная, от каких точек следует исчислять высоту.

⁵ «Крепостная мануфактура», т. I, стр. 34.

⁶ «Через воденой спуск намошен мост бревеньем» («Крепостная мануфактура», т. I, стр. 34).

оружали быки: «возле тово спуску от воды рублен в дубовых же бревенях, быки длиною и шириною по 3 саж., и набит землею». О водоспуске Чернцовского завода говорится: «рублен ис почвы дубовыми бревенями и брусьюми и вымощен дубовыми ж брусьюми и гвозжены большими железными гвоздьями, а длина тому спуску (водоспуску—В. Д.) 17 саж., а ширина 6 саж.». Затворы в вешняке устраивали из деревянных брусьев: «а запоры в тот спуск столбы, выше мосту дубовые брусья, высота полутретьи саж., к ним воденые запоры во 6-ти воротех, дубовые ж дощеные ворота, а к воротам приделана брусья ж дубовые, чем поднимают». Вода из водоспуска, по мнению исследователей, текла либо каскадом (уступами), либо сначала горизонтально, а затем наклонно по специальному мосту.

Для спуска всей воды из верхнего бьефа устраивали почвенную трубу, закрывавшуюся особым затвором¹.

Вода для действия колес поступала по проходившей через плотину «воденой трубе» в лари, направлявшие воду к колесам. «Воденых труб» устраивали от 1 до 6². Вода поступала в трубы из самого верхнего слоя верхнего бьефа, стекая в систему ларей. Дубовые лари поддерживались столбами. От «воденых труб» шли «большие лари», от которых отходили разветвления, называвшиеся «малыми ларями». От последних шла вода к водяным колесам. Документы сообщают очень мало сведений об устройстве последних. Не указан даже тип колес. Судя по ряду косвенных признаков, колеса были верхнего боя. У колес устраивали деревянные кожухи.

Водяные колеса приводили в действие: воздуходувные мехи, кричные молоты, установки для рассверливания пушек и для сверления ружейных стволов (рис. 2).

Введение в России вододействующих металлургических и металлургических заводов было огромным прогрессом. Рассмотренные материалы свидетельствуют, что на таких заводах уже были выработаны основные формы заводских гидротехнических сооружений, получивших, однако, большое распространение в России только в XVIII в.

В 1672 г. произошло выступление против заводчиков крестьян, приписанных к тульским заводам. Заводчики решили заменить старую плотину Ведменского завода новой. Крестьяне Соломенской волости, которые должны были строить новую плотину в осенние холода, отказались работать. «Старые бунтовщики» — Ларион Осипов, Василий Титов и Иван Михеев — возглавили протестующих крестьян. Капитану Битяговскому, посланному царем Алексеем для

¹ В описании Чернцовского завода оказано: «а под тем спуском (водоспуском — В. Д.) труба, а в ней выпускают воду всее ис пруда для плотинной поделки, а та почвенная труба рублена в больших брусьях и бревенях дубовых» (Описание Чернцовского завода: «Крепостная мануфактура», т. I, стр. 34).

² На четвертом Городищенском заводе: «Скрозь той плотины проведены 6 труб дубовых, спереду от воды те трубы обрублены дубовыми бревны и утверждены стоячими дубовыми досками и пригвожено железными гвозди» (там же, стр. 25).

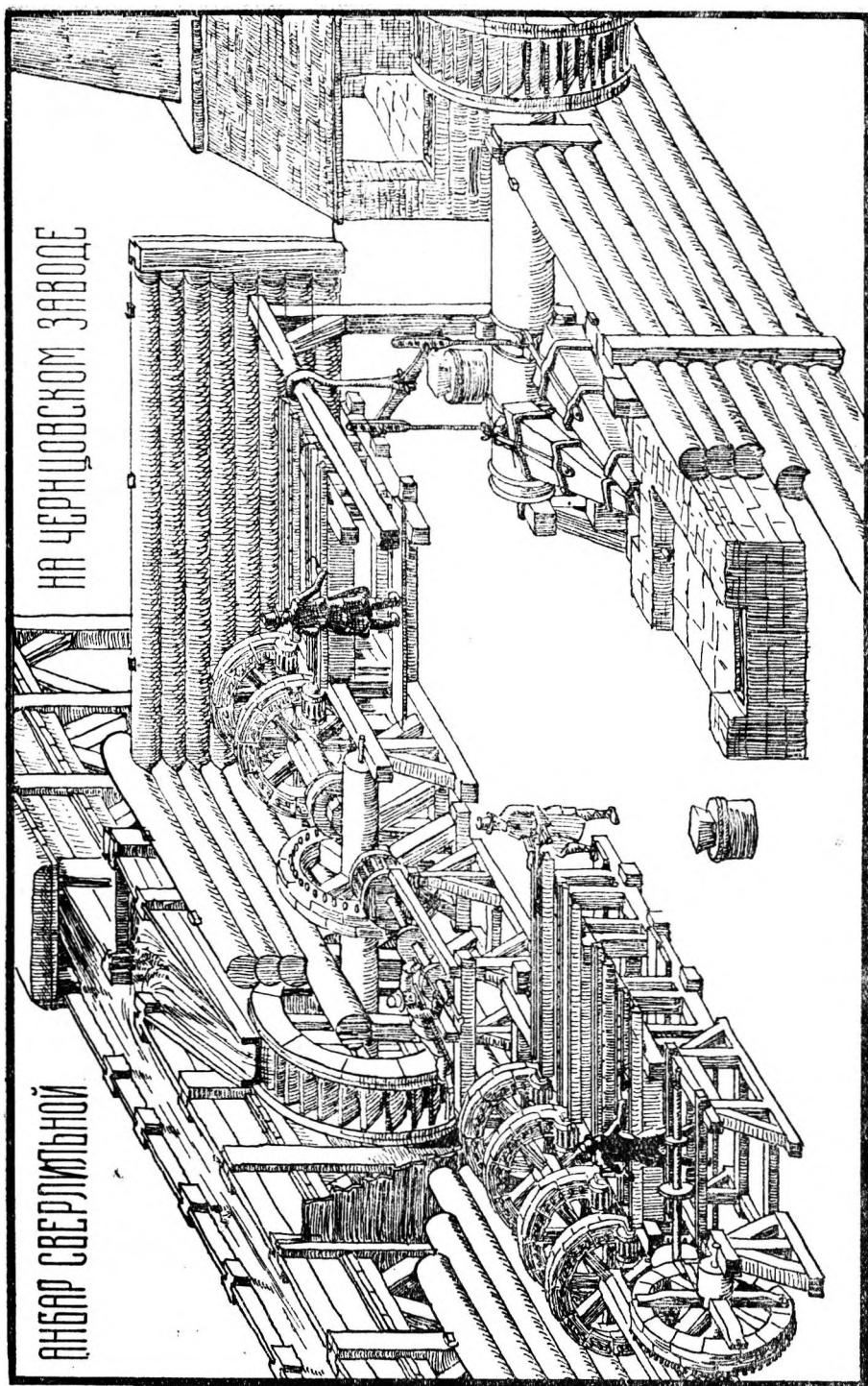


Рис. 2. Сверильный амбар на Чернцовском заводе XVIII в. (по Н. Б. Бакланову).

расследования, крестьяне, отказываясь, несмотря на все угрозы, от строительства, заявили: «Нынешнею осенью построить невмочь, потому что дни потхожие пришли под осень, а не к весне». Кстати упомянем, что с декабря 1672 г. по февраль 1673 г. продолжалось второе выступление против заводчиков соломенских крестьян, руководимых Василием Титовым, грозившим сжечь заводы и «хоромы» заводчиков. Движение было подавлено Битяговским.

Использование водной энергии для промышленных нужд (помимо переработки сельскохозяйственных продуктов) имело в России XVII в. эпизодический характер. Вододействующие заводы были наперечет, представляя скорее исключение, чем правило. Построенные заводы далеко не всегда работали удовлетворительно. Возможным было использование только малых рек, для чего, например, в Тульско-Каширском районе местные условия были не всегда достаточно благоприятны. Приходилось сооружать очень большие и дорогие плотины, как, например, на р. Скниге, имеющей в ширину 4—8 м, плотины Каширских заводов при высоте порядка 6 да имели в длину от 190 до 300 да. Заводы располагали зачастую так близко один от другого, что они мешали друг другу. Например, на относительно спокойной реке Тулице на расстоянии 850 м от первого Городищенского завода был расположен второй завод, а ниже второго на 640 да — третий и т. д., что весьма затруднило одновременную работу «всех заводов. Видимо, часто бывали прорывы плотин. По описи 1647 г. значатся действующими первый и третий Городищенские заводы, а о втором заводе сказано: «с обе стороны трубы плотина попортилась: в ширину по полусажени вода размыла». По описи же 1662 г. только второй Городищенский завод действовал, а первый и третий вышли из строя. По описи 1662 г. значится, что первый завод: «запустел тому ныне 7 лет... вешняк в прошлом во 167-м году (1659 г.) вешнею водою подмыло и весь испорчен». По той же описи третий Городищенский завод: «запустел тому ныне 7 лет. Плотине длиннику было 40 саж. На той же плотине был доменной горн да мучная мельница, все испорчено и мельничной онбар ветх. Той же плотины вешняк в прошлом во 166-м году (1658 г.) вешнею водою подмыло и все испортило и после того не делано».

Из построенных в XVII в. металлургических заводов с водяными колесами многие прекратили свое существование до конца столетия. Сказалась на судьбе первых вододействующих заводов общий застой и упадок промышленности и торговли, имевший место накануне царствования Петра I. Немалое значение имело и то, что новую технику осваивать было трудно. Самые заводы зачастую были построены неудовлетворительно, места для заводов иногда были выбраны не совсем удачно (Городищенские заводы из-за неправильного расположения мешали друг другу и т. д.). Тем не менее первые русские заводы с водяными колесами имели очень большое значение. Они проложили путь для использования наиболее развитой формы производства в тех условиях, когда крепостнические мануфактуры представляли наиболее высокую производственную ступень. Они позволили накопить опыт в деле стро-

ительства наиболее крупных гидросиловых установок того времени. Заводы XVII в. с водяными колесами, хотя и были немногочисленными, оказали существенную помощь для последующего значительного распространения заводских гидросиловых установок во времена деятельности Петра I.

Строители петровских заводов смогли использовать опыт, накопленный в предшествующем периоде. Не случайно одним из первых строителей новых заводов был выходец из района, где были созданы первые русские горные заводы с водяными двигателями. Этим строителем был, как известно, сын тульского кузнеца Демида Антуфьева, кузнец же Никита Демидович, родоначальник уральской горнозаводской династии Демидовых.

Вододействующие предприятия XVII в. сыграли свою роль, не только расширив области применения водяных двигателей в России. Особенно велика их роль в деле подготовки кадров последующих строителей новых вододействующих заводов, созданных в XVIII в. на Урале, Алтае, в Олонецком крае и других районах.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ XVIII в.

В годы царствования Петра I происходит резкий поворот в русской истории. Создается Российская империя, одна из наиболее сильных в то время европейских держав. Основой экономической политики Петра I было стремление организовать в стране такую промышленность, чтобы не было необходимости ввозить из-за границы промышленную продукцию. Особенно необходимым стало создание своей, в достаточной мере развитой, металлургической промышленности и промышленности, обслуживающей нужды армии. Наряду с этим, конечно, необходимо было развивать и переработку сельскохозяйственных продуктов, а также и другие отрасли промышленности. Тем самым объясняется проведение Петром I очень многих радикальных мер для подъема промышленности, в первую очередь металлургической и металлообрабатывающей, как особенно важной для обеспечения военных нужд. Огромные привилегии и большие ссуды даются Петром I инициатору широкой разработки природных богатств Урала Никите Демидовичу Антуфьеву и другим деятелям в области промышленности. Урал становится центром крепостнической металлургии; в дальнейшем, около середины столетия, наступает период господства Урала «не только в России, но отчасти и в Европе»¹.

Открываются на рубеже XVII—XVIII вв. на далеком Алтае и в Нерчинском районе серебряные и свинцовые руды. Успешно развивается железодельная промышленность в Олонецком крае, строится Сестрорецкий завод. Еще ранее основывается железодельный завод около Воронежа. Успешно работала тульская металлообрабатывающая промышленность. Только за время с 1697 по

¹ В. И. Ленин, Развитие капитализма в России, Соч., т. III, стр. 376.

1707 г. появляется в России 13 новых крупных горнозаводских предприятий. Все они приводились в действие водяными колесами.

Наряду с железоделательными и медеплавильными заводами строятся новые предприятия: лесопильные мельницы, пороховые заводы, селитренные заводы, суконные фабрики, полотняные мануфактуры, бумажные фабрики, стекольные заводы. Сначала, до полтавской победы 1709 г., все усилия правительства были направлены на создание промышленности, обеспечивающей нужды армии и флота. Затем усиливается внимание и к предприятиям, работающим на внутренний, а отчасти и на внешний рынок. Усиленно форсируется развитие торговли.

Большая работа проводится по упорядочению водных путей. Возникают идеи, на два столетия опережающие свое время: каналы для соединения Волги и Дона, Белого и Балтийского морей. Но крепостническое государство, конечно, не было в состоянии осуществить столь передовые идеи, как не смогла и в дальнейшем дореволюционная Россия.

Крепостническое государство вообще смогло осуществить далеко не все то, что намечал Петр I.

«Когда Петр Великий, имея дело с более развитыми странами на Западе, лихорадочно строил заводы и фабрики для снабжения армии и усиления обороны страны, то это была своеобразная попытка выскочить из рамок отсталости. Вполне понятно, однако, что ни один из старых классов, ни феодальная аристократия, ни буржуазия, не мог разрешить задачу ликвидации отсталости нашей страны. Более того, эти классы не только не могли разрешить эту задачу, но они были неспособны даже поставить ее, эту задачу, в сколько-нибудь удовлетворительной форме. Вековую отсталость нашей страны можно ликвидировать лишь на базе успешного социалистического строительства»¹.

В результате политики Петра I старая московская Русь уступает место сильному государству — Российской империи XVIII в. Тем самым был сделан гигантский шаг вперед в деле развития нашей страны. Но этот шаг был сделан вперед за счет прежде всего усиленной эксплуатации крестьянства. Политика Петра I вела к возвышению класса помещиков и развитию нарождавшегося купеческого класса: «...возвышение класса помещиков, содействие нарождавшемуся классу торговцев и укрепление национального государства этих классов происходило за счет крепостного крестьянства, с которого драли три шкуры»².

Размеры производства в России XVIII в. увеличивались всегда прежде всего за счет включения в производство новых масс крестьян и рабочих людей, за счет усиления их эксплуатации, вызывавшей зачастую восстания.

К 1762 г. в России было около одной тысячи промышленных предприятий, к 1796 г. — около трех тысяч.

¹ И. В. Сталин, Об индустриализации страны и о правом уклоне в ВКП(б), «Вопросы ленинизма», изд. 9, 1933, стр. 359.

² И. В. Сталин, Беседа с немецким писателем Э. Людвигом, Партиздат, 1937, стр. 6—7.

Новые предприятия в некоторых отраслях не могли работать без применения механического привода. При таких условиях происходит резкий сдвиг в применении водяных двигателей, игравших тогда определяющую роль везде, где требовался механический привод. Вот почему водяной двигатель в некоторых отраслях получает в России XVIII в. очень большое распространение по сравнению с предшествующим столетием.

На применении в это время мельниц для переработки сельскохозяйственных продуктов не приходится особо останавливаться, поскольку они получили всеобщее распространение без особенно заметных изменений в самой технике. Ограничимся только несколькими замечаниями в связи с водяными мельницами в сельском хозяйстве. Прежде всего следует указать, что основная масса водяных мельниц сосредоточивалась в руках наиболее крупных землевладельцев. В этом смысле весьма показательные сведения сообщает документ, составленный в 1744 г. в связи с распределением между украинской старшиной выплаты 1 000 руб., «презентованных» гоф-фуруеру Полтавцеву, развозившему по Украине в 1743 г. известие о мире¹. Согласно сделанной нами выборке из документа: в владении 314 человек козацкой старшины находилось 1 273 водяных колеса. В то время, как низшие чины владели 1—2 колесами, во владении 9 человек «настоящей генеральной старшины» было 102 водяных колеса. Из «абшитованной енеральной старшины», т. е. из отставных, подскарбий Маркович имел 32 водяных колеса, Кочубей имел 45, Андрей Полуботок с племянником 36, вдова Апостола 22 водяных колеса и т. д.

Характерно, что водяные мельницы были чрезвычайно распространены в России XVIII в. не только в центральных или близких к центру, но и в весьма отдаленных районах. О таком распространении водяных мельниц свидетельствует, например, хранящийся в Алтайском историческом архиве: «Столп описаний в заводском ведомстве мельниц, кузниц, и в положении на них оброков в 1752 г.» (Дело № 220/299). 535 листов данного «Столпа» содержат обширнейшие материалы, связанные с учетом мельниц, кузниц, кожевен, мыловарен и наложением на них оброков. Ограничимся только некоторой выборкой сведений из одного документа изученного нами дела, а именно рассмотрим некоторые данные сводной ведомости по мельницам, взятым на учет в 1761 г. Кузнецкой воеводской канцелярией. В числе мельниц указаны как обычные колесные мельницы, так и мутовки², построенные с 1745 г. до времени составления ведомости:

¹ А. Л. Число крестьянских дворов, находившихся во владении казацкой старшины в половине XVIII в. «Киевская старина», т. 34, стр. 284—289.

1891, август,

² Мутовчатые мельницы или мутовки устраивали на запруженных горных ручьях. По конструкции они были чрезвычайно примитивны. Вода подавалась лотком в деревянный сруб, внутри которого находилось колесо и обычно один постав. Мутовки были в несколько раз дешевле обыкновенной мельницы. Производительность мутовок от 32 до 160 кг зерна в сутки при одном поставе.

Наряду со стационарными на юге империи получили заметное распространение пловучие мельницы, известные у нас, впрочем, я в XVII в. Например, в киевском «расписном списке» 1684 г. значится под Киевом на берегу реки Днепра пловучая мельница «на дву(х) байдаках»¹.

В 1745 г. в Киеве было около 30 пловучих мельниц, устраиваемых на двух дубах (баржах или байдаках), между которыми находилось водяное колесо².

Пловучие мельницы привлекали внимание и в дальнейшем. В 90-х годах XVIII в. усиленно пропагандировал их Ренованц³.

Водяные двигатели зачастую пропагандировались русским правительством, проводившим специальные мероприятия с целью стимулировать их применение. В 1748 и 1749 гг. были опубликованы указы, рекомендовавшие «всем как помещикам, так купечеству, крестьянам и всем прочим промышленникам стараться заблаговременно приготавливать ручные пилы, а где удобно, водяные и ветреные пильные мельницы заводить»⁴. Указы преследовали цель ускорить переход от «топорных» досок (тесниц) к «пильным» доскам. Отмечая экономию в древесине при переходе к пиленым доскам, указы определяли: «и для того во всех местах, где способно, всякого звания людям в заведении водяных и ветреных пильных мельниц нигде запрещению не чинить»⁵.

Однако указы выполнялись очень плохо. Указ Сената от 10 декабря 1756 г. свидетельствует, что за истекшие пять лет «не токмо пильных водяных и ветреных мельниц, но и ручных пил... нигде еще не заведено»⁶.

В протоколе Верховного тайного совета за 7 июля 1727 г. и в «приложении» к протоколу от 5 июля официально указали преимущества водяных двигателей в масложитном производстве. А именно, записали, что масло «в заводе ветром или водою может

Район (ведомство)	Распределение водяных мельниц		Общее количество водяных мельниц
	Мутовки	Обычные колесные	
Малашевской слободы . .	24	6	30
Белоярской слободы . .	72	2	74
Берского ост- рога	77	4	81
Кольванского завода .	28	4	32
Бийской кре- пости . . .	18	1	19
Кузнецка . .	12	—	12
Итого . . .	231	17	248

¹ Н. Оглоблин, Из архивных мелочей о Киеве XVII в., журнал «Киевская старина», т. 25, 1889, май и июнь, стр. 578—585.

² А. Андреевский, Судьба киевских водяных мельниц, журнал «Киевская старина», т. 34, 1891, июль, стр. 131—132.

³ «Труды Вольного экономического общества», т. 42, 1790, стр. 79.

⁴ М. Чулков, Историческое описание Российской Коммерции, т. IV, кн. 4, Москва, 1786, стр. 239.

⁵ Там же, стр. 240.

⁶ М. Чулков, Историческое описание Российской коммерции, т. IV, кн. 4, Москва, 1786, стр. 241. Имелись в виду новые мельницы.

сильнее выбить и в избоине ничего не останется, как от ручных бывают остатки и пропадают даром; к тому ж масло заводское чище ручного и выгоднее и малыми при заводе людьми великое число масла делается»¹.

Указ Петра I, от 26 июля 1719 г., в котором было «повелено» Михаилу Сердюкову строить в Вышнем Волочке канал и «слозы» на рр. Цне и Тверце, предусматривал Сердюкову «за то его иждивение и труд в награду на вышеписанных реках и каналах, при запорах, где пристойно, мельницы строить ему вольно свободными проходами без задержания, и теми мельницами и с них доходами владеть ему безоброчно пятьдесят лет»².

В резолюции Кабинет-Министров от 7 января 1736 г. записаны поощрения и льготы ряду «фабрикантов» в связи с использованием водяных мельниц³. В том числе принято было решение не взysкивать деньгами данную в 1731 г. Василию Короткову суду в 3 000 руб. на строение бумажной мельницы, а «для показанных от той мельницы убытков брать бумагой в год на 300 рублей».

Подобных примеров можно привести множество. Все они свидетельствуют о стремлении правительства увеличить использование водяных двигателей. И, хотя не столь энергично, как этого хотели бы авторы указов, а водяные колеса с каждым годом получали все большее распространение в России, завоеывая все новые и новые отрасли по сравнению с XVII в. А именно, впервые в XVIII в. получают применение водяные двигатели для таких производств, как стекольное дело, текстиль, лесопиление, производство пороха.

Великому новатору в науке и технике XVIII в. М. В. Ломоносову принадлежит заслуга введения водяного двигателя в такую отрасль, как стекольное производство. Как свидетельствуют документы, М. В. Ломоносов построил гидросиловую установку для им же созданной Усть-Рудицкой фабрики, представлявшей огромный прогресс по сравнению с известными ранее в России стекольными заводами, производившими только обычные склянки да оконное стекло. Усть-Рудицкая фабрика, разрешение на постройку которой получил М. В. Ломоносов в 1752 г., была первой в России фабрикой: «для делания изобретенных им же разных цветов стекол и из них бисера, пронизок и стекларуса и всяких других галантерейных вещей и уборов»⁴.

Судя по грамоте, выданной Ломоносову 2 сентября 1756 г. на землю и крестьян, в Усть-Рудице не было до его строительства никаких гидросиловых установок. В письме Эйлеру от 12 февраля 1754 г. Ломоносов сообщал об Усть-Рудице: «сооружаю плотину, мельницу для хлеба и лесопильную». Следовательно, Ломоносову пришлось лично самому соорудить здесь и плотину, и гидросиловую установку, и механические агрегаты для нового производства.

¹ Сборник Русского исторического общества, т. 69, СПб, 1889, стр. 34—35.

² М. Чулков, Ук. соч., т. VI, кн. I, стр. 313.

³ Сборник Русского исторического общества, т. 126, Юрьев, 1907, стр. 204—205.

⁴ Указ Сената от 14 декабря 1752 г.

Великий ученый успешно соорудил в Усть-Рудице гидросиловую установку с тремя колесами: «первое для двух рам пильных, чтобы пилить доски к фабричному строению и впрядь для пристроек, починок и ящиков под материалы, второе колесо для машин, которыми молот, толочь и мешать материалы, в стекло потребные, и шлифовать мозаику, для которых кругов в мельнице два покои особливые, третьим колесом ходят жернова для молотья хлеба, на котором содержат фабричных людей»¹.

Следовательно, Ломоносов устроил здесь: 1) лесопильную мельницу; 2) толчейную мельницу с шлифовальными станками для мозаики; 3) мукомольную мельницу. Как свидетельствуют исследователи, специально изучавшие историю стекольной промышленности, Ломоносов, соорудив гидросиловую установку Усть-Рудицкой фабрики, создал здесь: «механизмы, которых в то время не знали стекольные заводы, выполнявшие аналогичные производственные операции»².

Создавая гидросиловую установку в новой отрасли, Ломоносов не только изобретал, конструировал и строил совершенно новые агрегаты, но и занимался изучением действия созданной им гидросиловой установки. Отчет за 1754 г., написанный Ломоносовым, свидетельствует, что он делал в Усть-Рудице опыты, изучая: «как текущая по наклонению вода течение свое ускоряет и какую силу бьет»³.

Следует также указать, что в XVIII в. водяные двигатели получили применение для шлифовки каменных изделий (Кольванский, Петергофский заводы). Новым было в XVIII в. применение водяных двигателей при монетном производстве (Екатеринбургский, Сузунский монетные дворы).

Получили применение водяные двигатели в XVIII в. и в некоторых других новых (по сравнению с применением водяных двигателей в России в XVII в.) отраслях, как, например, в текстильном производстве. Но применение водяных двигателей в этой важнейшей отрасли носило вспомогательный характер. Для основных операций — прядение и тканье — водяные двигатели были тогда просто ненужными, так как эти операции выполнялись при помощи ручных орудий. Рабочие машины для таких операций были созданы, как известно, только при переходе к капиталистической фабрике.

Так, например, на суконных фабриках XVIII в. водяные колеса применялись, но не для основной операции по изготовлению сукна (тканье), а при отделочном валянии сукон⁴. На сыгравших для России большую роль в XVIII в. парусинных предприятиях иногда

¹ «Известия Академии наук СССР, Отделение общественных наук», № 1, 1937.

² М. Цейтлин, Очерки по истории развития стекольной промышленности в России, 1939, стр. 32.

³ Билярский, Материалы для биографии Ломоносова, СПб, 1865, стр. 280. Ом. также В. Данилевский, Ломоносов как техник, Сборник «Ломоносов», Академия наук, 1940, стр. 227.

⁴ П. Г. Любимиров, Очерки по истории русской промышленности в XVIII и начале XIX в., 1930, стр. 29, 32, 40—41, 42—44, 53, 58, 59, 63.

устанавливали «толчейные мельницы» для обработки пеньки¹, т. е. опять-таки не для основных, а вспомогательных операций (предварительная обработка сырья). Существовало несколько предприятий по переработке шелка, пользовавшихся водяными колесами². Но крепостники стремились везде и во всем ограничить эксплуатацию человека. Так, например, на шелковой «фабрике» Ив. Мочалова за р. Московью в Кадашах была в каменной палате мельница, «на ней два человека в колесе ходят»³.

Известны также некоторые случаи применения водяных колес и в других разделах текстильного производства. Например, в 1762—1763 гг. была построена плотина для работы водяных колес на Красносельском ситценабивном предприятии Козенса под Петербургом. В 1766 г. была сконструирована для Шлиссельбургской фабрики Лимана, приводимая в действие водяным колесом, машина «которой холст гладят, катают и колотят и посредством которой воду в находящиеся в красильне котлы проводить можно». Но вряд ли построили ее⁴. Водяные колеса, скорее всего, здесь применили для снабжения водой белильни и для «спрыскивания, лежащих на лугу полотен». Имеются указания, что в 1775 г. толчея для красок приводилась здесь в действие водяным колесом. Упоминаются в архивных документах 1778 и 1779 гг. плотина и «водяные машины» на Славянской ситцевой и выбойчатой фабриках Катерины Шейдемановой.

Но так же как и в других разделах текстильного производства, применение водяных колес и в данном случае было чрезвычайно ограничено.

Единственным в своем роде предприятием было замечательное начинание серпейского предпринимателя Родиона Глинкова, не получившее никакого развития и исчезнувшее бесследно вскоре после его смерти. В 1756 г. Глинков получил разрешение «прясть парусную и алленую основную и утошную пряжу, также и на 20 станах полотна парусные и алленные тонкие, скатерти и салфетки» ткаць⁵. К лету 1760 г. Глинков построил в Серпейске прядильную фабрику, на которой водяное колесо приводило в действие «самопрядочную машину» (при ней «самопрядочных колес тридцать» на каждом по 1 цевке) и «одну мотальню, которая действует вместо 10 человек». По сообщению того же автора к лету 1760 г. здесь устроили вторую «самопрядочную машину», к которой приготовили 30 колес и цевок; вторую машину в действие не

¹ Например, для парусной фабрики купца Николая Кишкина в Серпухове пенька обрабатывалась на четырех «толчейных мельницах»: одна — в вотчинном селе Немцове Алексинского уезда на р. Скниге (8 ступ), две — в Серпуховском уезде на р. Сушке (14 ступ), да еще одна — при г. Тарусе (9 пестов) (там же, стр. 85; см. также стр. 94—95).

² О шелковой мельнице Лазаревых сообщается, что она «водою действует действительно, как в Европе» (там же, стр. 116; см. также стр. 107—108, 127).

³ Там же, стр. 118.

⁴ Видимо, при постройке механических агрегатов здесь отказались от гидравлического привода, применив «лошадьми действующую машину».

⁵ П. Г. Л ю б о м и р о в, Ук. соч., стр. 79.

пустили¹. В 1783 г. сын Глинкова продал фабрику, которая в том же году была «в рассуждение ее ветхости», уничтожена².

Опыт Глинкова в условиях феодально-крепостнического строя не получил никакого развития и о нем вскоре совсем забыли. Первый русский строитель механической прядильни слишком далеко опередил свое время³.

Спорадическому использованию водяных двигателей в упоминавшихся отраслях промышленности противостояло в России XVIII в. систематическое применение водяных двигателей на лесопильных, бумажных и горнозаводских предприятиях (горное дело, металлургия и металлообработка) и на военных, — пушечных, оружейных, пороховых заводах.

Лесопильные вододействующие мельницы встречались в XVIII в. во всех районах страны. В Петербурге были лесопильные мельницы на Невских порогах, на Ижоре и другие. Работали пильные мельницы в балтийских портах, в Архангельске. При подавляющем большинстве горных заводов были пильные мельницы, приводимые в действие водяными колесами.

Бумажные мельницы получают широкое распространение в России только со времени деятельности Петра I⁴. К середине XVIII в. получило широкую известность производство бумаги не только в районах Петербурга и Москвы, но и Ярославля, Калуги, Вологды⁵.

«Бумажные мельницы» обычно были вододействующими⁶. Как

¹ В 1771 г. Глинков прислал в Вольное экономическое общество модель и краткое описание прядильной и чесальной машин его изобретения. Чесальная машина должна была увеличивать производительность труда в 15 раз (при двигателе — самом человеке), а прядильная в пять раз (привод от водяного колеса). (Публикации по данному вопросу даны в «Трудах Вольного экономического общества», т. XVIII, 1771). Машин, предложенные Глинковым в 1771 г., видимо, представляли новое изобретение по сравнению с применявшимися в 1760 г.

² П. Г. Любимиров, Ук. соч., стр. 80.

³ В отчете комиссии, работавшей в 1844 г. по изучению причин упадка льняной промышленности в России, оказано: «В то время как в льняном деле совершались важные перевороты (за границей. — В. Д.), наши фабриканты не ввели никаких усовершенствованных способов; все технические средства их остались те же, какие были за 120 лет при начале полотняного дела в России Петром I». «Исследование о состоянии льняной промышленности в России в 1844 г., изд. Департамента хоз., Мин. гос. имуществ», 1847, ч. II, стр. 45.

⁴ Сохранились известия о постройке по указам Петра I бумажных мельниц: в 1705—1712 гг. — в Москве; в 1716 г. — близ Дудергофа; в 1720 г. — в Петербурге за «галерным двором». При Петре начинается постройка и частных бумажных мельниц. С 1720 г. начинается история предприятия Гончаровых в Калужской губ.; в 1727 г. Сиверс построил близ Петербурга большую бумажную мельницу, издержки на которую составили огромную по тому времени сумму (Н. П. Лихачев, Ук. соч., стр. 89).

⁵ Н. П. Лихачев, Ук. соч., стр. 92. Число бумажных мельниц, построенных в России в XVIII в., весьма значительно увеличилось. К 1773 г. по М. Чулкову работало 18 бумажных мельниц («Историческое описание Российской коммерции», т. VI, кн. III, стр. 630, 674). По данным П. Любимирова к 1760 г. было 20 «бумажных фабрик» (Ук. соч., стр. 137). В последние десятилетия XVIII в. в России было их до 30 (см. «Писчебумажное дело в его прошлом и настоящем» журнал «Писчебумажное дело» № 4, 1904, стр. 171—175).

⁶ Исключение представляла петербургская бумажная мельница с ветряным двигателем, ликвидированная к 1727 г. в значительной мере потому, что «нередко случались за отсутствием двигательной силы простои для ряда категорий рабочих» (Любимиров, Ук. соч., стр. 132).

типичное для 60-х гг. XVIII в. Любомиров приводит бумажное предприятие брянского купца Ст. Макарова в с. Ревнах Брянского уезда, в составе которого имелся: рольный амбар с двумя ролами, «в коих действующим водою большим машинным колесом перетираетца рубленое в бумагу тряпье».

При всем значении бумажных мельниц с водяными колесами, даже при условии сопутствия им пильных мельниц¹, гидротехнические сооружения здесь оставались весьма примитивными по технике выполнения и незначительными по их размерам. Распространение бумажных мельниц, конечно, имело немалое значение для распространения практического опыта гидроэнергетики. Однако по самому своему техническому содержанию задачи, которые приходилось решать при сооружении гидротехнической части бумажных мельниц, не выходили за пределы обычных задач, с которыми доводилось сталкиваться при постройке заурядных мельниц для переработки продуктов сельского хозяйства, а в первую очередь мукомольных мельниц. Примерно также обстояло дело с пильными мельницами, имевшими широкое распространение, а также и с некоторыми другими механическими установками.

Грандиозны по сравнению с прочими те задачи, которые разрешили в XVIII в. русские строители гидротехнических сооружений, обслуживавших горное дело, металлургию, металлообработку и производство вооружения и боеприпасов. Именно в этих отраслях сформировались кадры гидротехников, которые сумели в XVIII в. дать классические образцы не только для русской, но и для мировой техники того времени.

На смену отдельным вододействующим металлургическим заводам центрального района XVII в. приходят в XVIII в. обширные горнозаводские районы. На одном только Урале к концу 60-х гг. XVIII в. было 156 казенных и частных заводов (рис. 3). Все заводы имели гидросиловые установки. В Сибири расцвело в XVIII в. горнозаводское дело на Алтае, где заводы и похверки (установки для промывки и толчения руды) обслуживались также исключительно водяными двигателями. Многие десятки металлургических и металлообрабатывающих заводов с водяными двигателями работали к концу XVIII в. на территории европейской части нашей страны, от олонецких заводов на севере, до нового Луганского завода на юге².

Если среди упоминавшихся отраслей³ промышленности, как, например, в текстильном производстве, водяных колес были единицы, а в других, в лучшем случае — для всей России, несколько десятков (бумажные мельницы), то на горнозаводских предприятиях России XVIII в. работало много сотен водяных колес. Соответственно такому положению именно на примере горнозаводского

¹ Как имело это место, например, на предприятии Гончаровых.

² Детальные сведения см. П. Г. Любомиров, Очерки по истории металлургической и металлообрабатывающей промышленности в России (XVII, XVIII и начало XIX вв.). Географическое размещение металлопромышленности, Л., 1937.

³ За исключением, конечно, мукомольных мельниц.



Рис. 3. Заводы Урала в середине XVIII в. (по Любомирову).

производства можно выяснить основные сдвиги и достижения в гидроэнергетике, дающие нам право гордиться выдающейся деятельностью русских гидротехников XVIII в.

Особое место занимают в истории XVIII в. вододействующие заводы, принадлежавшие военному ведомству. В числе их следует упомянуть пороховые заводы, созданные Петром I. С 1698 г. на р. Воре, при дер. Глинкове примерно в 30 км от Москвы действовал пороховой завод Избранта. В 1715 г. Петр I основал при речке Охте Охтенский пороховой завод, ставший впоследствии главнейшим в империи по производству в данной отрасли¹. В 1738 г. был основан при речке Шостке Шостенский пороховой завод, на котором по проекту «по сильной воде» должно было изготовляться до 12 000 пуд. пороха в год². Наряду с пороховыми были созданы в XVIII в. оборудованные по всем правилам передовой техники того времени оружейные и пушечные заводы. В первую очередь можно указать группу тульских оружейных заводов, построенных при Петре I, начиная с завода для отливки артиллерийских снарядов, заведенного Никитой Демидовым на речке Тулице вблизи от впадения ее в р. Упу³. В 1701 г. этот завод был значительно расширен, для чего пришлось усилить его плотину на р. Тулице. Примерно в то же время начинает производство фузелей Избрант на построенном им заводе при речке Воре, где у него же ранее действовал пороховой завод. 15 февраля 1712 г. Петр I приказывает Волконскому строить в Туле казенные заводы: «для лучшего в оружейном деле способа, при оружейной слободе изыскав удобное место, построить заводы, на которых бы можно ружья, фузеи и пистолеты сверлить и обтирать, а палаши и ножи точить водою»⁴. Новые вододействующие заводы строятся на р. Упе по проекту тульского казенного кузнеца, ножового и палашного дела мастера, Марка Васильева Сидорова. На первом заводе устанавливается восемь точил для обработки ножей и палашей, да восемь станков для сверления стволов. На втором заводе действовало семь точил и двадцать пять сверлильных станков. К концу XVIII в. Тульский казенный завод производил 45 438 шт. огнестрельного оружия и 103 434 шт. холодного оружия (1798 г.).

В первые годы XVIII в. закладывает Петр I новые заводы в Олонецком районе, так как старые заводы, существовавшие здесь с 70-х гг. XVII в., не могли обеспечить необходимый выпуск артиллерийских снарядов и пушек. В 1773—1774 гг. строится в Петрозаводске Александровский завод для производства пушек и ядер взамен петровских заводов, переставших здесь существовать около половины XVIII в. В конце XVIII в. на олонецких заводах

¹ Мансуров, Охтенские адмиралтейские селения, СПб, 1856, ч. I, стр. 23.

² Сборник русского исторического общества, т. 130, Юрьев, 1909, стр. 132—133 (в 1764 г. действие Шостенского завода было приостановлено, а в 1771 г. он снова был пущен на полную мощность).

³ И. Гамель, Описание Тульского оружейного завода в историческом и техническом отношении, М., 1826, стр. 31.

⁴ И. Гамель, Ук. соч., стр. 46.

ежегодно производилось около 210000 пуд. чугуна и изготовлялись артиллерийские орудия и снаряды общим весом около 82 000 пудов.

В 1724 г. заканчивает Вырубов строительство сестрорецких заводов с деревянной плотиной¹: оружейный, пороховой заводы и металлообрабатывающие «фабрики» для производства якорей, проволоки, листового железа и т. д. для кронштадтского и петербургского адмиралтейств.

При последующем анализе конкретных материалов не следует, однако, забывать, что горнозаводские предприятия тогда были крепостническими.

Несмотря на все отдельные достижения, развитие техники неизбежно оставалось пронизанным специфическими противоречиями, неотъемлемыми от крепостнического производства. В конечном итоге техника развивалась очень медленно. Технические новшества, казалось бы имевшие все права на широкое использование, получали относительно незначительное распространение.

На основании изучения огромного количества фактических материалов В. И. Ленин пришел к выводу относительно Урала, полностью приложимому и к другим горнозаводским районам России: «Развитие железной промышленности шло на Урале очень медленно. В 1718 г. Россия добывала около 6½ мил. пуд., в 1767 г. — около 9½ мил. пуд., в 1806 г.—12 мил. пуд., в 30-х гг.—9—11 мил. пуд., в 40-х гг. — 11—43 мил. пуд., в 50-х гг.—12—16 мил. пуд., в 60-х гг.—13—18 мил. пуд., в 1867 г.—17½ мил. пуд. За сто лет производство не успело удвоиться, и Россия оказалась далеко позади других европейских стран, в которых крупная машинная индустрия вызвала гигантское развитие металлургии. Главной причиной застоя Урала было крепостное право»².

Несмотря на то, что в основном горнозаводском районе России «за сто лет производство не успело удвоиться», число крестьян, приписанных к горным заводам, возросло в XVIII в. в десять раз.

Крепостническая мануфактура в России продолжала действовать в то время, когда появилась капиталистическая фабрика на Западе. Явившись основой расцвета горнозаводского дела, крепостное право к концу XVIII в. все более превращалось в тормоз для технического и экономического развития. При таких условиях вполне понятно, что число технических новшеств не могло быть очень велико, и они получали права гражданства далеко не во всех случаях.

Весьма показателен перечень технологических операций, для которых смогло иметь место хотя бы ограниченное применение водяных двигателей в условиях помещичьей империи XVIII в.³

¹ К. Гаусман, Исторический очерк гидротехнических сооружений Сестрорецкого оружейного завода (1721 по 1840 гг.), «Инженерный журнал» № 2, 1861, стр. 118—119.

² В. И. Ленин, Развитие капитализма в России, Соч., т. III, стр. 377.

³ Приведенный перечень дает типы, не претендуя на исчерпывающую полноту.

Примерный перечень типов технологических операций, выполнявшихся механическими агрегатами за счет действия водяных двигателей в России XVIII в.

Технологическая операция	Механический агрегат
I. Размол	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мельничный постав (мука, солод) 2. Пороховая мельница 3. Размол материалов для стекольного производства ¹
II. Толчение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Круподерка 2. Маслобойня ² 3. Сукновальня ² 4. Толчая для пеньки¹ 5. Толчая для размельчения тряпок и бумажный рол² 6. Мусерная толчая в металлургии 7. Толчая для руды на похверках 8. Толчение материалов для стекольного производства ¹
III. Первичная обработка металла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Молот
IV. Обработка металла для получения готовой продукции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плющильный стан 2. Железорезный стан 3. Проволочно-волочильный стан 4. Проволочно-мотальный стан 5. Сверлильный или расточный стан. 6. Токарный станок для обточки валов плющильных и режущих дисков железорезных станков 7. Станки для производства монет
V. Первичная обработка дерева резанием	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пильная мельница
VI. Подача дутья для металлургических печей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Воздуходувный мех
VII. Подъемно-транспортные операции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рудоподъемник 2. Водоподъемник на рудниках 3. Водяной насос для водоснабжения ¹
VIII. Некоторые операции в текстильном производстве	<ol style="list-style-type: none"> 1. Крутильно-мотальные станы в шелковом производстве 2. Агрегаты ситценабивного производства ¹ 3. Прядильная машина³ 4. «Мотальня»³
IX. Шлифовально-точильные операции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Точильные круги для обработки металла 2. Гранильные станки 3. Шлифовка мозаики ³

¹ Крайне редкое применение.

² В данной категории дан условно.

³ Единственные, исключительные, случаи.

Ознакомление с данным примерным перечнем типов технологических операций, при которых имело место применение водяных двигателей в России XVIII в., свидетельствует о важных обстоятельствах. Во-первых, наибольшее число типов вододействующих механических агрегатов XVIII в. относится к горнозаводскому производству, во-вторых, все перечисленные механические агрегаты предназначались исключительно для вспомогательных, трудоемких операций, сводящихся к качественно однообразным движениям, т. е. это были те механические агрегаты, о которых Маркс говорит, как о применявшихся до возникновения крупной машинной индустрии, машинах «при некоторых элементарных подготовительных процессах, требующих для своего выполнения большого количества людей и большой затраты силы»¹. И, наконец, самое главное: для всех механических агрегатов, получивших распространение, типичным и общим является то, что в них «обрабатываемый материал спокон веку никогда не обрабатывался рукою человека»².

Специфические ограничения в применении механических агрегатов, неизбежные при феодально-крепостническом производстве, определяли ограниченность использования водяных двигателей в русской промышленности в XVIII в. Но вместе с тем развитие водяных двигателей было настоятельно необходимым для многих операций крепостнической мануфактуры.

При последующем изложении следует помнить, что все развитие гидроэнергетики в XVIII в. в России осуществлялось на базе беспощадной крепостнической эксплуатации крестьян и «рабочих людей». 1 ноября 1711 г. английский посол Л. Вейсброд писал из Москвы статс-секретарю С. Джону о том, что в России гибнет огромное количество людей на работах в укреплениях, на шлюзах, плотинах, каналах и других общественных сооружениях³.

Широко применялся труд «колодников» при строительстве гидросиловых установок. Например, в 1778 г., получая 4 коп. в день, колодники строили Бобровскую плотину и мельницу близ Семипалатинской крепости⁴.

Крестьяне, вынужденные работать на гидросиловых установках, эксплуатировались столь беспощадно, что даже высшие правительственные инстанции занимались иногда их положением.

31 июля 1739 г. в «высочайшей контрассигнованной кабинет-министрами резолюции» записали, что крестьяне с. Лигово из-за непрерывной работы на дворцовой водяной мельнице «впали в крайнее убожество»⁵. Документ сообщает, что лиговские крестьяне «завсегда обращаются при Лиговской мельнице, у молотья и возки в Петербург дворцовых солодов». В 1736—1737 гг. они

¹ К. Маркс, Капитал, т. I, Соч. М. и Э., т. XVII, стр. 383 — 384.

² Соч. М. и Э., т. XXIII, стр. 132.

³ «Донесения и другие бумаги английских послов, посланников и резидентов при русском дворе с 1711 по 1719 гг.». Сборник Русского исторического общества, т. 61, СПб, 1888, стр. 78—79.

⁴ Новосибирский исторический архив, фонд 1020, дело № 23, лл. 449—463.

⁵ Сборник Русского исторического общества, т. 130, Юрьев, 1909, стр. 68—71 (разрядка далее наша.— В. Д.).

были заняты «у строения Литовской плотины». В связи с этим в документе дана запись: «ежели наемными людьми строить и починивать, то б оные работы превзошли не малою казенною суммою, а им крестьянам за то ни к а к о г о зачета не бывает».

Также беспощадно эксплуатировались крестьяне и «рабочие люди» при постройке горнозаводских плотин в России XVIII в.

Приписные к заводам крестьяне, работавшие на постройке плотин, должны были отрабатывать подати, но фактически их всегда принуждали работать много больше, чем полагалось для отработки податей.

В первые десятилетия XVIII в. размеры поденной оплаты при постройке горнозаводских плотин не были установлены законом. При постройке рассмотренной далее плотины. Екатеринбургского завода платили в 1721 г.: конному крестьянину 6 коп. в день (малолетнему работнику с конем 4 коп.), пешему 4 коп. в день (малолетнему пешему 2 коп. в день)¹. По указу Петра I от 13 января 1724 г. была установлена единая для всей России оплата «за работу людям и лошадям». А именно, летом платили конному крестьянину 10 коп. в день, пешему 5 коп., а зимой конному 6 коп. в день и пешему 4 коп.².

По указу 1739 г. полагалось, чтобы наряженные для отработки подати приписные крестьяне прибывали на заводы для постройки плотин к 1 апреля и находились на работе до конца мая месяца: «По учреждению первоначальных в России Екатеринбургских заводов, учиненному в 1723 и 1724 годах, а всевысочайше апробованному 1739 года февраля 14 дня, положено было к строению плотин и фабрик крестьян пеших выслать на апрель месяц, чтоб к работе явились к первому числу апреля, и быть в работе до того как они отпустятся в дома майя месяца»³.

Конных приписных крестьян предписывалось присылать на работы, «по окончании вешнего севу» к 1 июня и держать их на работе до 10 июля: «а с того числа отпустить в дома для сенокосного времени и собрания с поль хлеба до сентября месяца».

Кроме того, для «чрезвычайных» заводских работ согласно росписи «О работах при деле и починке плотин» разрешалось брать конных и пеших крестьян сверх всяких раскладок на время с 1 июня по 10 июля и с 15 сентября по 1 ноября. В случае каких-либо аварий на плотинах разрешалось помимо всех перечисленных работ принуждать приписных крестьян работать по исправлению плотин: «крестьяне сверх расположения заводских работ... наряжаются в неволю, по силе указа правительствующего Сената от 29 мая 1724 года, каков напечатан в указной с 1717 по 1725-й год книге; за такие работы выдаются деньги по плакату» (т. е. пешему 5 коп., конному 10 коп. в день). Наконец, согласно указу

¹ «Горный журнал» № 5, 1885, стр. 282.

² В. Семевский, Крестьяне в царствование Екатерины II, т. II, СПб, 1901, стр. 308 (летние работы с 1 апреля по 1 октября, а остальное время года относилось к зимним работам).

³ «О работах при деле и починке плотин». Новосибирский исторический архив, фонд № 827, дело № 22, лл. 81—82.

Берг-Коллегии от 30 июня 1725 г. заводское начальство еще сверх всего оказанного могло заставить крестьян работать вообще всегда, когда нехватало рабочих рук: «Да и по указу Берг-Коллегии июня 30-го дня 1725 году велено: ежели на заводах ко всяким заводским работам вольных работников, дешевле крестьянской работы не сыщется, то те работы исправлять крестьянами, хотя и сверх подушного окладу».

Таким образом приписные крестьяне были отданы просто на произвол горнозаводского начальства, имевшего возможность на «законном» основании безудержно эксплуатировать их. В. И. Семевский сообщает, что в Сибири приписные к Колывановоскренсенским заводам крестьяне в 1758 г. работали для заводов круглый год, получая увольнение для сельскохозяйственных работ только с 1 мая по 1 июня и с 10 июля по 1 сентября¹. Судя по «Записке о учреждениях при казенных российских горных заводах», составленной А. И. Порошиным 9 августа 1759 г.², приписные ко всем казенным заводам крестьяне получали освобождение от заводских дел «для хлебопашества и других необходимых своих домовых работ» только в марте, июне, сентябре.

По В. Севемскому в 60-е гг. XVIII в. из приписных к камским заводам 13 001 «ревизских душ» фактически могло работать 4 560 чел. Для того чтобы отработать по 1 р. 70 к. подати на «душ», каждый взрослый рабочий должен был заработать на заводе в среднем 4 руб. 94 коп. Пеший крестьянин должен был, считая по летнему плакату (таксе), трудиться 100 дней. Учитывая три прохода пешком за 400 верст из деревни на завод и учитывая во время работ на заводе перерывы из-за праздников, следует считать, что каждый взрослый крестьянин должен был затратить в связи с работой на заводе около 220 дней каждый год³. Но и положение этих тружеников не было наихудшим, так как известны случаи, когда крестьяне жили за 500 — 600 и даже 700 верст от заводов, к которым они были приписаны и на которые им приходилось ходить на работы несколько раз в год⁴. Крестьяне Казанского уезда, приписанные к Вознесенскому заводу, тратили два месяца только на проход до завода и обратно, что составляло более 1 400 верст. Причем за время прохода крестьяне не получали тогда никакого вознаграждения (середина 1760 гг.). Некоторые из крестьян, приписанных к Колывановоскренсенским заводам Алтая, жили за 786 верст от завода, на который ходили работать.

Во время работ крестьян постоянно непомерно долго задерживали на заводах. Так, например, в 1761 г. на Колыванском заводе крестьяне, прибывшие на работу 8 июня, были отпущены только после 22 ноября, да еще с обязательством прийти отработывать в будущем 1762 г. часть якобы неотработанной подати 1761 г. Про-

¹ В. Семевский, Ук. соч., стр. 307.

² Архив народного хозяйства, Ленинград, Фонд: Кабинет е. в. Дело № 97. «Письма г. полковника Порошина», л. 12.

³ В. Семевский, Ук. соч., т. II, стр. 364.

⁴ Чердынские крестьяне, приписанные к заводам Походяшина, жили за 500—600 верст от заводов и пробирались на работу по бездорожью «болотами, реками, лесами и топучими местами и камнем».

быв на заводе в 1761 г. вместо 40 целых 167 дней, оказывается крестьянин не заработал, по подсчетам начальства, даже 2 руб. (при 8 руб. 35 коп., причитающихся ему по расчету времени). Одни злоупотребления следовали за другими. Например, крестьяне Чердынского уезда, приписанные к заводам Походяшина, помимо множества других работ были вынуждены возить землю на постройку плотины из расчета 7 куб. саж. на душу, за что им считали по 40 коп. вместо 1 р. 10 к. При одной из ревизий двенадцати уральских заводов, проведенной Вяземским в 60-е гг. XVIII в., установлено, что крестьянам недодали за произведенные работы 25 490 руб., т. е. не оплатили сотни тысяч дней труда. Наряду с этим документы свидетельствуют об огромном количестве взяток, выколачиваемых заводскими чинами по всякому поводу с крестьян и мастеровых.

Батоги, плети, оковы, кнут буквально насыщают кровавую летопись XVIII в. Обычным явлением были тогда такие зверские расправы, какие, например, применял управитель камских заводов Москвин, руководивший строительством Воткинского завода и его плотины. В конце 1762 г. Москвин приказал заковать «в цепь и железа» и в две большие колодки крестьянку Федосью Борисову, муж и сын которой якобы подговаривали крестьян отказываться от работы на заводах. По приказанию Москвина, привязав к оковам и цепи веревки, несчастную подвесили вверх ногами и били смоляными веревками¹.

Бесконечной вереницей проходят через историю XVIII в. засеченные кнутом, запоротые батогами и кошками, замученные люди, работавшие на постройке горнозаводских плотин, каждый сантиметр которых буквально залит кровавым потом.

Протест против беспощадной эксплуатации при постройке заводов о их плотинами находил свое выражение в разных формах: побеги², восстания, самоожжение³.

Еще при постройке Екатеринбургского завода и его плотины произошло в 1722 г. восстание, охватившее не только работавших здесь приписных крестьян и мастеровых, но и военный отряд. На страницах истории XVIII в. записано и много других восстаний крестьян и «рабочих людей», — восстаний, переросших в конечном итоге в великую крестьянскую войну, возглавленную Емельяном Пугачевым.

Нарастание борьбы заводских крестьян и мастеровых побудило правительство провести некоторые мероприятия с целью хотя бы несколько регламентировать пределы эксплуатации. В 1769 г. Сенат внес на утверждение императрицы предложение платить приписным к заводам крестьянам: летом — конному 11 коп. и пешему 6 коп; зимой — конному 8 коп. и пешему 5 коп. Екатерина II утвер-

¹ В. С е м е в с к и й, Ук. соч., т. II, стр. 367—368.

² В советских архивах бережно хранятся много тысяч документов о побегех заводских крестьян и мастеровых. Только ничтожная часть из этих материалов изучена.

³ В 1756 г. 172 чел. из крестьян дер. Мальцевой, Ояшинской волости, Томского уезда, не выдержав тяжести заводских работ, предпочли покончить жизнь самоубийством — заперлись в доме я сгорели.

дила предложение, «всемиловейше» увеличив в упомянутой таксе только летнюю оплату конного на 1 копейку. Остальное было утверждено без изменений.

После разгрома крестьянской войны, руководимой Пугачевым, правительство решило изменить положение приписных к заводам крестьян. 21 мая 1779 г. Екатерина II подписала указ, который должен был ограничить число работ, выполняемых приписными, и несколько улучшить их положение. Плата за работы была утверждена: летом — пешему 10 коп. и конному 20 коп.; зимой — пешему 8 коп.; конному 12 коп. Кроме того, по указу разрешалось использовать приписных «к делу и починке плотин» только в случае разрушений плотин при стихийных бедствиях, когда «плотина от наводнения или пожара повреждена будет».

Из других постановлений, относящихся к постройке плотин, можно упомянуть указ Сената от 28 февраля 1782 г., утвердивший расчет, сделанный Берг-Коллегией в 1780 г.¹ По утвержденному Сенатом расчету были предусмотрены при постройке плотин размеры клады на телегу: «...чтобы в зимнее время на возу кладей было по двадцать, а в летнее, вешнее и осеннее время, на случай ежели и когда плотина заводская требовать будет починки, на будущих повозках считать клады летом по пятнадцати, весной и осенью по десяти пуд».

Все эти указы, конечно, много чаще нарушались, чем выполнялись, как о том свидетельствуют документы XVIII в.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ, ИЗВЕСТНЫЙ РУССКИМ ГИДРОТЕХНИКАМ XVIII в.

Выдающиеся успехи русских гидротехников XVIII в. в значительной мере основывались на умелом сочетании отечественного опыта и опыта, накопленного в процессе развития зарубежной гидротехники.

К XVIII в. история гидросиловых установок, одно из древнейших известий о которых дано Страбоном², измерялась без малого двумя тысячелетиями. История же гидротехники как таковой насчитывала уже много тысячелетий. Достаточно вспомнить о гидротехнических сооружениях, созданных в странах древнего Востока, как, например, о сложном ирригационном хозяйстве, от которого зависело благосостояние почти двухмиллионного народа в долине Нила еще в период борьбы за объединение номов Египта, т. е. около 3 500 г. до нашей эры.

Особенно значительными стали успехи в развитии гидроэнергетики в позднем средневековье, когда в частности был осуществлен переход от описанного еще в I в. до нашей эры Витрувием

¹ «О работах при деле и починке плотин». Новосибирский исторический архив, фонд № 827, дело № 22, л. 82.

² Водяная мельница возле дворца царя Митридата в Кабирах (Страбон XII, 556).

нижнебойного колеса к более эффективному колесу верхнего боя. Водяной двигатель к XV в. получил широкое распространение при переработке сельскохозяйственных продуктов (мукомольные мельницы, маслобойни, сукновальни), в горном деле (подъем воды) и металлургии (воздуходувки, молоты, сверлильные станы). Ведущая роль водяного двигателя в дальнейшие столетия все более четко выкристаллизовывалась. Значительны также успехи позднего средневековья в деле развития всех основных видов гидротехнических сооружений: шлюзы, каналы, порты, водоснабжение. Развитие гидротехники в средние века отнюдь не было сосредоточено только в западных странах, как зачастую неверно полагают. Арабы, византийцы, народы Средней Азии, Иран, Индия, Китай, Египет внесли свою большую лепту в дело развития в средние века мелиорации, водных путей, утилизации водной энергии и водоснабжения.

К XVI в. мировая гидротехника располагала огромным практическим опытом. В дальнейшем по мере усиленного развития буржуазных связей все быстрее развивалась теоретическая работа, связанная с гидротехникой. Опубликованные в XVI в. трактаты Бирингуччио, Бессона, де-Страда, Агриколы, Рамелли и многих других авторов знакомили широкие круги с практикой гидротехники, предлагая одновременно бесконечное множество новых вариантов для решения практических задач. Стевин, Галилей, Паскаль внесли затем свои гениальные обобщения в гидравлику, основывающиеся на исключительно разнообразных практических достижениях, накопленных в гидротехнике. Многочисленные другие исследователи XVII — XVIII вв. продолжили их великие дела, получившие высшее развитие в бессмертных работах Даниила Бернулли и Леонарда Эйлера, работавших уже в стенах нашей Академии наук.

Созданная около 1682 г. трудом 1 800 рабочих под руководством Арнольда де-Вилля льежским мастером Реннекемом Салемом знаменитая установка в Марли на р. Сене стала тогда одним из наиболее ярких примеров достижений гидроэнергетики, полностью, однако, пронизанная всеми специфическими особенностями своей эпохи. Установка в Марли, построенная для снабжения водой дворцовых фонтанов, единогласно признается и старыми и новыми исследователями, как наиболее выдающаяся гидросиловая установка XVII—XVIII вв. В первой четверти XVIII в. Якоб Леупольд—автор известного классического многотомного трактата, обобщившего все основные достижения техники того времени,— писал об установке в Марли, как о самой мощной, самой великолепной и совершенной в Европе¹. В 1911 г. автор специального исследования об этой установке — К. Эрганг точно так же утверждал, что гидросиловая установка, созданная в Марли, наиболее замечательная гидросиловая установка и для XVII и для XVIII вв.² Столь единогласная оценка рассматриваемого французского предприятия, вдобавок дан-

¹ Jacob Leopold, *Theatrum machinarum hydraulicarum*, Band II, Leipzig, 1725.

² C. Ergang, *Die Maschine von Marly*, *Beitrag zur Geschichte der Technik und Industrie*, Band III, 1911, S. 131.

ная немецкими исследователями, не может быть заподозрена в пристрастности. Это облегчает нашу задачу в части сравнения высших достижений русской и зарубежной практики гидроэнергетического строительства XVIII в. Тем самым определяется необходимость остановиться хотя бы в самых общих чертах на установке в Марли.

На участке от Безона до Порт-Марли р. Сена разделена рядом островов на два рукава. В одном из протоков де-Вилль соорудил плотину, обеспечивавшую напор порядка 1,65 м (рис. 4). Четырнадцат-

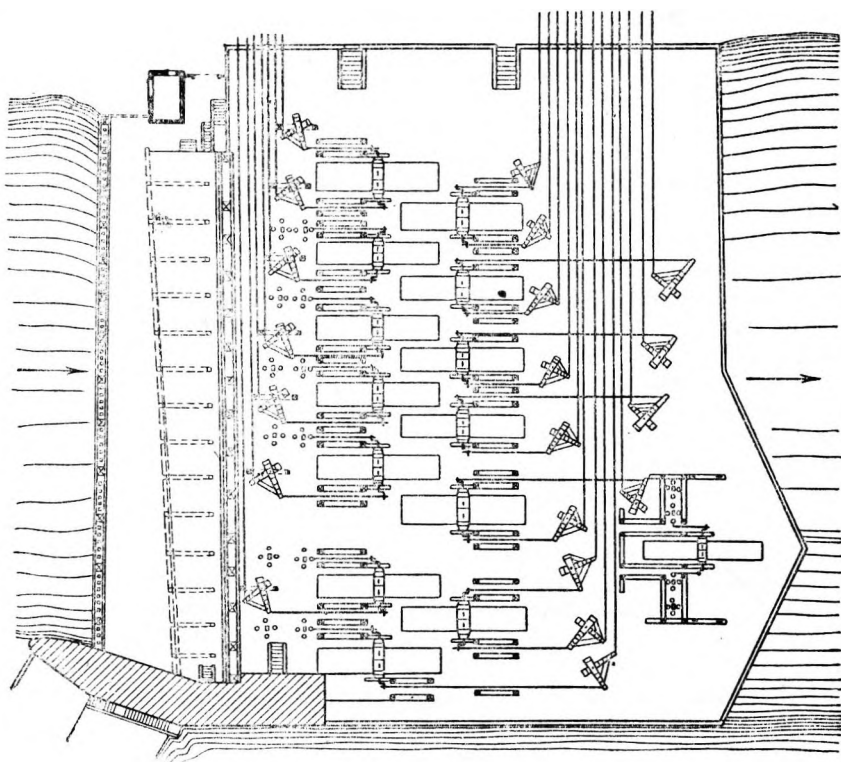


Рис. 4. План гидросиловой установки в Марли.

цать водяных колес нижнего боя диаметром по 12 м каждое выполняли три задачи.

1. Привод при помощи балансиров 64 насосов для подъема воды из р. Сены на 48,45 м вверх до нижнего промежуточного водохранилища.

2. Привод при помощи кривошипов группы малых тяг «полевых шатунов», протяжение которых достигало 200 м. На этом расстоянии стояла в нижнем промежуточном водохранилище вторая группа в составе 49 насосов, приводимых в действие группой малых полевых шатунов. Таким образом осуществлялся подъем воды на высоту еще 56,53 м от первого ко второму промежуточному водохранилищу.

3. Привод при помощи кривошипов группы (больших «полевых

шатунов» протяжением 615 м. Эта группа «полевых шатунов» приводила в действие:

а) 30 насосов, расположенных у первого промежуточного водохранилища (на первой промежуточной подстанции было два резервуара) и подававших одновременно с упомянутыми 49 насосами воду на 56,53 м во второе промежуточное водохранилище.

б) 78 насосов на втором (верхнем) промежуточном водохранилище, подававших воду вверх на 57,17 м. Здесь вода поступала в акведук, подававший воду к дворцам и фонтанам Марли, Версаля и Трианона.

В общей сложности 221 насос, приводимый в действие на трех насосных станциях, обеспечивал подъем воды на 162,15 м. Впоследствии в установке были сделаны некоторые изменения. В 1784 г. в составе установки было: 14 водяных колес, 225 насосов, 28 больших кривошипов и столько же передаточных шатунов и рычагов, 1 122 деревянных больших балансира, 2 108 деревянных тяг (каждая длиной по 4,9 м). Общее протяжение железных штанг составляло около 20 км.

Представлявшая наиболее выдающееся из «чудес» зарубежной гидроэнергетики XVIII в. установка в Марли работала в общем весьма неудовлетворительно. Чугунные трубы при плохом качестве литья были очень короткие с неточно обработанными фланцами, что потребовало уплотнения деревянными клиньями; вследствие этого давление в трубах было недостаточным. Из-за различных неполадок значительная часть насосов обычно стояла. По данным Жоншера установка в Марли должна была подавать в сутки около 5 000 м³ воды, развивая в общем мощность порядка 125 л. с. В действительности в самые лучшие годы осуществлялся подъем не более 2 500 м³ в сутки, снижаясь иногда до 700—800 м³. Эксплуатационные расходы были очень велики, в среднем 69 000 ливров в год. Лучшее достижение зарубежной гидроэнергетики XVII—XVIII вв. было весьма далеким от совершенства.

Значительно успешнее, нам представляется, работали гидросиловые установки, созданные в XVII — XVIII вв. на западно-европейских, особенно шведских, английских, французских и немецких рудниках и заводах, где водяной двигатель получил самое широкое применение.

Можно было бы привести огромное количество примеров, характеризующих развитие гидросиловых установок за рубежом вплоть до конца XVIII в. Однако и сделанные нами краткие справки представляются достаточными, чтобы напомнить о значительном развитии гидроэнергетики за рубежом. Нам важно установить только то, что русские гидротехники XVIII в. могли почерпнуть немало сведений из зарубежной практики.

Петр I, как известно, в целях изучения и использования зарубежного опыта во всех областях организовал систематическую посылку за границу русских от зеленой молодежи и до уже успешных хорошо зарекомендовавших себя деятелей. В числе последних следует особо отметить основателя многих заводов и руководителя уральских и сибирских заводов, выдающегося соратника

Петра I — Василия Никитича Татищева (1686 — 1750 гг.). В ноябре 1724 г. Татищев отправился в Швецию «для некоторых секретных дел»¹. По Берг-Коллегии Татищев получил поручение: осмотреть шведские горнозаводские предприятия, тщательно изучая технику, составляя планы и модели машин. Также было поручено ему приглашать иностранных специалистов и отдать одновременно в обучение присланных из России учеников. В одном из рапортов в Берг-Коллегию Татищев писал: «машины внятно смотрю». Насколько русское правительство ценило тогда использование зарубежной техники, следует из того, что Татищев поручил составить некоторые планы маркшейдеру Гейслеру.

Опыт, накопленный в Швеции, оказал существенную помощь Татищеву во время его вторичного руководства уральскими заводами (1734—1737 гг.). Следует отметить, что просвещенный питомец Петра I при отъезде с Урала в 1737 г. оставил екатеринбургским школам свою обширнейшую по тому времени библиотеку — более 1 000 книг.

Для изучения горнозаводского дела ездил в Швецию также А. И. Порошин, впоследствии, в бытность начальником всех алтайских заводов и рудников в 60-е гг. XVIII в., много способствовавший развитию утилизации водной энергии на Алтае².

Особенное место среди трудов русских деятелей XVIII в., соприкасавшихся с зарубежной гидротехникой, занимает работа в Марбурге и Фрейбурге Михаила Васильевича Ломоносова, командированного в 1736 г. для изучения химии и горнозаводского дела³. Результаты этой работы в 1742 г. обобщены в «Первых основаниях металлургии», содержащих специальный раздел о гидросиловых установках на рудниках⁴. Здесь даны чертежи и детальное описание: рудоподъемной машины, приводимой в действие водяным колесом; установки с ручными насосами; насосных поршневых и четковых установок, приводимых в действие водяными колесами; водоподъемной машины с приводом ее от водяного двигателя, расположенного на значительном расстоянии. Так, великий ученый ознакомил широкие круги в России с горнозаводской практикой того времени, включая использование водной энергии. Следует здесь напомнить, что, как указывалось, Ломоносов и в вопросе о гидросиловых установках, как и всегда, был не только теоретиком, но и практиком (гл. II).

¹ В. Н. Б е р х, Жизнеописание т. с. Василия Никитича Татищева, б. советника Берг-Коллегии и начальника всех сибирских горных заводов, «Горный журнал», 1828, кн. 1, стр. 103.

² В 60-е годы XVIII в. во время управления Порошиным Кольвановоскресенскими заводами были построены замечательные вододействующие толчейные и промывальные установки Фролова в Змеиногорске, а также Павловский и Сузунский заводы с их гидротехническими сооружениями. Кроме того, усилиями Порошина значительно были улучшены и усилены уже действовавшие гидротехнические сооружения Барнаульского завода и старые гидросиловые установки Змеиногорска.

³ Б. Н. М е н ш у т к и н, Жизнеописание Михаила Васильевича Ломоносова, М.-Л., 1937, стр. 34—51.

⁴ М. В. Л о м о н о с о в, Первые основания металлургии. Полное собрание сочинений, СПб., 1785, ч. IV, гл. III, «О машинах, которые из рудников воду выливают» и гл. II «О подъемных машинах», стр. 67—73.

Татищев и Порошин, а также и другие русские деятели в области горнозаводского искусства, побывавшие в Швеции, могли познакомиться со многими рудничными и заводскими вододействующими установками и их плотинами. Наиболее интересными в то время были рудничные вододействующие установки, сооруженные Христофером Польшемом (1661 — 1751), много потрудившимся в Швеции и Германии в конце XVII в. и первой половине XVIII в.¹. Особенно прославили Польшема установки, сооруженные им на Фалунских медных рудниках Швеции, на которых могли побывать и Татищев и Порошин. Олаф Науклерус так описал эти установки в 1702—1703 г. в своем труде «Magna Fodina Cuprimontana»².

«Среди механических установок на Фалунских рудниках как по приносимой ими пользе, так и по их остроумной и необыкновенной конструкции следует поставить на первое место подъемные машины Польшаммера (Польшема.— В. Д.), обеспечивающие большую экономию в расходах. Первая из этих установок находится на шахте Blantstoten. Преимущества ее перед аналогичными обычными машинами заключаются в том, что в ней одновременно поднимается много нагруженных сосудов. Кроме того, в этой установке вместо канатов и цепей применены длинные цилиндрические деревянные штанги, которые при возвратно-поступательных движениях захватывают сосуды (с рудой.— В. Д.) железными крюками, поднимают их вверх и достойным удивления способом выгружают на поверхность руду и другие вещества, находящиеся в сосудах. Тогда как канат, свитый из 100 ремней, стоит около 200 рейхсталеров и служит всего лишь около четырех-пяти лет, деревянные штанги служат более 30 лет (и стоят, конечно, очень мало по сравнению с ременным канатом.— В. Д.). В этом значительное преимущество машины (Польшема.— В. Д.) по сравнению с обычными. Вторая машина, также сконструированная Польшаммаром, установлена на шахте «Король Карл XI», глубина которой составляет 570 футов (174 я), где ранее подъем осуществлялся при помощи каната. На этой шахте, глубина которой должна была достигнуть 700 — 800 футов (213 — 244 да), он решил применить деревянные штанги, прочность которых была испытана на полиспасте при грузе в 100 фунтов. Третья машина находится на шахте «Карл XII», глубина которой 444 фута (135 да), четвертая — на шахте «Король Карл Густав», глубиной 423 фута (129 м). Это—наиболее мощная машина и приводится в движение при помощи водяного колеса диаметром в 48 футов (14,6 м)...».

Хотя приведенное описание и содержит некоторые неясные места³, оно все же дает представление о том, с какими установками

¹ Otto Vogel, Christopher Polhem und seine Beziehungen zum Harzer Bergbau. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Band V, 1913, SS. 298—345.

² Там же, стр. 310.

³ Неясность текста, а также и ограниченного числа изображений установок Польшема, привела к тому, что в 60-е годы XIX в. некоторые исследователи ошибочно приписали Польшему изобретение не штангового рудоподъемника, а фаркунста.

могли ознакомиться в Швеции русские специалисты XVIII в. Некоторые сведения могли почерпнуть русские деятели также и при командировках во Францию, в Саксонию, Брауншвейг, Ганновер, Англию и другие государства. Представление об установках, с которыми могли ознакомиться русские деятели в перечисленных странах, дают труды иностранных авторов XVIII в., среди которых в первую очередь следует отметить трехтомные «Металлургические путешествия» Жара («Voyages metallurgiques»), опубликованные в 1774 — 1781 гг. Особенно интересными в этой связи представляются горнозаводские гидросиловые установки Гарца и Саксонии, так как помимо того, что здесь бывали некоторые из русских специалистов, многие из иностранных специалистов, работавших в этих районах, были приглашены в XVIII в. в Россию. Но следует

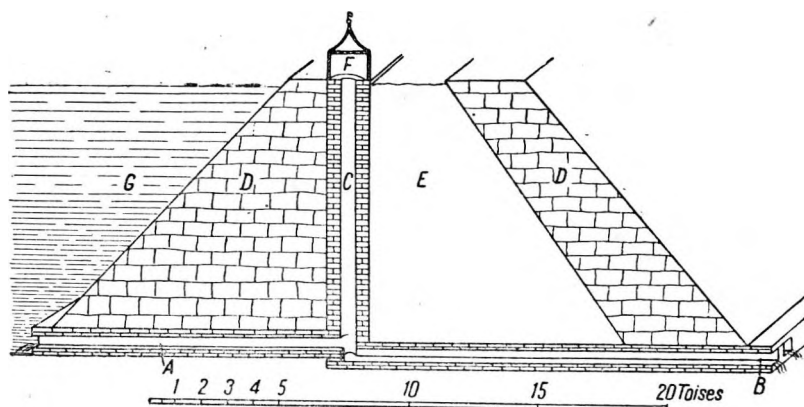


Рис. 5. Плотина XVIII в. на руднике Сен-Андреасберг (по Жару). *A* — облицованная камнем галерея для выпуска воды; *B* — выпускные каналы; *C* — колодец с затвором для пропуска воды; *D* — каменное тело плотины; *E* — земляное ядро; *G* — пруд; *F* — помещение для подъема затвора.

отметить, что, конечно, не может быть и речи о каком-то механическом переносе в Россию техники из этих районов. В этом убеждает в числе прочего знакомство с одной из плотин, сооруженной в XVIII в. на руднике Сен-Андреасберга у Клаусталья в Гарце (Ганновер). Плотина (рис. 5) обслуживала водяные колеса рудничных водоподъемников. Все в этой плотине в корне отлично от того, что имело место в русской практике XVIII в., рассмотренной в последующих главах.

Заслуживают упоминания многие иностранные специалисты, работавшие в XVIII в. в России, в первую очередь Блюэр, Шлаттер, Гаскойн. Все они — специалисты широкого профиля, охватывавшие, как это было тогда обычным, все вопросы горнозаводского дела, включая утилизацию водной энергии.

Иван Фридрих Блюэр был приглашен Петром I после осмотра

и изучения последним горнозаводского дела в Саксонии в 1698 г.¹ Блюэр был товарищем Татищева по руководству заводами и провел чрезвычайно большую работу по развитию горнозаводского дела в России. Блюэр, однако, как и многие из иностранцев, очутившись в России, испытывал большие затруднения, так как не умел строить плотины, пригодные для работы в условиях, имевших место в России.

В 1697 г. амстердамский бургомистр Витен рекомендовал Петру I еще юного тогда Георга Вильгельма Геннина. Начав работу в России в 1698 г., он плодотворно работал в горнозаводском деле нашей страны до самой смерти, в апреле 1750 г. В 1712 г. Геннин закончил постройку пушечно-литейного двора и зелейных (пороховых) заводов в Петербурге. Назначенный в следующем году олонекским комендантом и начальником всех горных заводов Олонекского края Геннин наладил производство на Петровском, Повенецком, Устьрецком, Кончезерском заводах, где занимался постройкой плотин, заводских цехов-«фабрик», изобретал и строил новые машины, вводя везде новую технику. В 1721 г. км начата постройка плотины и самого Сестрорецкого оружейного завода. Затем он разрабатывал проект «коммуникации судовому водю хождению» между р. Москвой и Волгой путем постройки канала, осуществленного, здесь, однако, только более чем через 200 лет в Стране Советов.

В 1722 г. Геннин отправился на Урал, где сменил Татищева, приняв на себя руководство заводами и постройку новых. С 1722 по 1727 г. Геннин построил здесь 11 новых заводов с плотинами и водяными колесами. В 1734 г. Геннина сменил Татищев, возвратившийся на старое поприще. После этого Геннин ведал сестрорецкими и туйскими заводами, построил новый завод в Туле.

Геннин всегда уделял очень много внимания заводским плотинам и другим гидротехническим сооружениям, стремясь упорядочить энергетическое хозяйство. Борясь с недостатком воды для действия заводских силовых установок, Геннин устраивал запасные плотины с большими водохранилищами, а также повышал и удлинял уже существующие заводские плотины. Чрезвычайно много внимания уделил Геннин использованию водной энергии в рукописи, составленной в 1735 г., теперь известной под кратким названием «Абрис»² и использованной нами в дальнейшем изложении. Ограничимся здесь только указанием, что рукопись Геннина на протяжении почти 100 лет служила практическим справочником.

Выдающийся знаток горнозаводского дела XVIII в. Иван Ива-

¹ Петр I осматривал саксонские рудники и заводы с их гидросиловыми установками также в 1711 г. «Биографическое известие о члене Берг-Коллегии Блюэре». «Горный журнал», 1828, кн. VI, стр. 97—126.

² Опубликована под редакцией акад. М. А. Павлова через 200 лет после составления ее: В. Геннин, «Описание уральских и сибирских заводов», М., 1937; описание списков и история рукописи даны Н. Б. Баклановым: «Натуралии» де Геннина, как источник по истории техники в России. «Известия Академии наук СССР», Отделение общественных наук, 1933 г.

нович Шлаттер¹, родившийся в 1708 г. в Берлине, переехал в Россию в 1719 г. и здесь нашел свою вторую родину. Начав в 1722 г. работу в качестве горного пробирера, Шлаттер был назначен в 1760 г. президентом Берг-Коллегии и руководителем монетного производства («Монетной Канцелярии Главный Судья»). В архивах СССР сохранилось очень много заключений и переписки Шлаттера, дававшего указания заводам по самым разнообразным вопросам, включая вопросы использования водной энергии. Но особенно велика заслуга Шлаттера, как автора многих печатных трудов, долгие годы служивших настольными книгами. В числе таковых наибольший интерес для нас представляет «Обстоятельное наставление рудному делу»², содержащее детальнейшее описание и столь же детальные чертежи водяных двигателей и приводимых ими в действие механических агрегатов, известных в практике того времени: рудоподъемники, водоотливные, рудотолчейные и промывальные установки. Несомненную заслугу Шлаттера составляет опубликование в упомянутой книге впервые на русском языке описания огнедействующей машины типа Ньюкомена для подъема воды.

Немало содействовал развитию горнозаводского дела в России XVIII в. также Гаскойн, бывший руководителем знаменитых Карронских заводов в Шотландии до переезда в Россию в 1786 г.³. Знаток пушечного производства Гаскойн радикально перестроил Олонекские заводы: о неудачной перестройке им заводских гидросиловых установок по «карронской методе» сказано далее.

Можно было бы привести еще много имен выдающихся иностранных деятелей в горнозаводском производстве России XVIII в., содействовавших развитию техники в деле использования водной энергии (Безр, Христианин, Улих и мн. др.).

Весьма существенную роль сыграло широкое использование в России XVIII в. иностранной и русской литературы. Нами установлено, что руководители горнозаводского дела проводили специальные мероприятия с этой целью. Так, например, 3 ноября 1761 г. Кольвановскресенское горное начальство, руководившее всеми рудниками и заводами Алтая, постановило обязать русских горных специалистов изучать литературные источники, в том числе упоминающую книгу Шлаттера⁴.

Установлено также, что в Барнаульской библиотеке в XVIII в. находились труды Леупольда и Белидора, вошедшие в историю как классические обобщения опыта мировой гидротехники для

¹ П. Г у р е в и ч, «Шлаттер». Русский биографический словарь», 1911, стр. 333—334.

² И. Ш л а т т е р, Обстоятельное наставление рудному делу, состоящее из четырех частей, в которых описаны рудокопные места, жилы и способы для приску оных, також учреждение новых рудников, потребные к рудному производству машины, разборание, толчение и промывание руд, с прибавлением о добывании каменного угля, ОПБ, 1760.

³ См. С. Л е в и д о в а, История Онежского (б. Александровского) завода, Петрозаводск, 1938, стр. 34—44.

⁴ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград. Фонд: Кабинет е. в. Дело № 136, лл. 19—20.

своего времени. Для русских строителей гидротехнических сооружений особенно ценна была среди многих томов труда Леупольда книга, изданная в Лейпциге в 1724 г. под заглавием «Theatrum machinarum hydrotechnicarum», представлявшая свод всех основных материалов по данному вопросу, иллюстрированный великолепными гравюрами по постройке плотин, каналов, колодцев, шлюзов и т. д.; специальные разделы работы детально рассматривают технику сооружения различных видов плотин, как деревянных, так и каменных.

Полны и разнообразны материалы по водоподъемным сооружениям, данные в первом и втором томах «Theatrum machinarum hydraulicarum», опубликованных Леупольдом в Лейпциге в 1724—1725 гг. Еще более ценны исключительно разнообразные материалы «Architecture hydraulique» Белидора, первый том которой был опубликован в 1737 г. Французский автор, в отличие от своего немецкого современника, дает помимо богато иллюстрированных гравюрами описаний весьма обстоятельный и глубокий анализ всех рассматриваемых объектов, а также приводит много детальных практических указаний.

В чрезвычайно богатой изданиями XVIII в. библиотеке Ленинградского горного института, основанного в 1773 г., собрана в значительной мере еще в XVIII в. весьма полная коллекция книг по горнозаводскому делу, а также и особо по гидротехнике. Здесь имеются классические труды Делиуса¹, Шлюттера², Нордвалла³ и многих других авторов, содержащие в числе прочего подробные сведения о гидросиловых установках для горнозаводского дела.

Также можно было бы привести много примеров, доступных для русских гидротехников XVIII в. литературных иностранных источников по различным вопросам гидроэнергетики в сельском хозяйстве и обрабатывающей промышленности.

Кроме того, помимо упоминавшихся работ Ломоносова и Шлаттера в XVIII в. были опубликованы на русском языке некоторые труды, освещавшие в той или иной мере мировой опыт утилизации водной энергии. Представляется интересным отметить, что одна из первых русских технических книг была посвящена вопросам гидротехники: «Книга о способах, творящих водохождение рек свободное. Напечатана повелением благочестивейшего великого Государя Царя, и великого Князя Петра Алексеевича... В царствующем великом граде Москве. Лета Господня 1708 в Июлии месяце».

В числе опубликованных в XVIII в. в России работ следует упомянуть книгу Каофенгофера⁴, и особенно перевод труда,нося-

¹ Ch. T. D e l i u s, Anleitung zu der Bergbaukunst usw, Wien, 1773.

² Ch. A. S c h l i e t t e r, Grundlicher Unterricht von Hiittenwerken, Braunschweig, 1738,

³ Erik N o r d w a l l, Abhandlung rorande Mechaniquen med tillamping i Synnerhet till Bruk och Bergwerk. Stockholm, 1800, Tom I—II.

⁴ Каофенгофер, Подробное изъяснение о колесах в водяных мельницах и о внутреннем строении пильных мельниц, перев. с нем. Семен Зубков, с фигурами, Курск, 1793 (Данную книгу мне пока не удалось разыскать. Розыск ее в Государственной публичной библиотеке в Ленинграде не дал положительных результатов).

шего пространное заглавие: «Совершенное описание мельниц, в котором обстоятельно показывается: I. Все правила, потребные для практики и не многим ведомые. II. Удобности, какие наблюдать должно при заложении водяных колес к разным машинам. III. Что особенно нужно поправить в хлебных, крупняных, бумажных, пороховых, пильных, шлифовальных мельницах, в маслобойнях и проч. Сие сочинение издано в пользу всех старающихся о Экономии и Механических искусствах Леоном Христорфом Штурмом. Перевел с немецкого на Российской язык по четвертому Аугсбургскому 1778 года изданию Антон Тейльс. Печатано 1782 года».

Ограничиваясь сказанным, убеждаемся, что в России XVIII в. имело место знакомство с зарубежным опытом. Однако не следует переоценивать возможность использования зарубежного опыта, весьма существенно ограниченную в силу специфических особенностей развития России XVIII в. Не следует думать, что так уж гладко шло использование хотя бы тех же иностранных источников, первым препятствием для которого, вероятно, было недостаточное знание иностранных языков. Последовательное использование теоретических изысканий при практической работе тогда, конечно, не имело, да и не могло иметь места. Использование иностранного опыта неизбежно должно было быть ограниченным в стране, где господствовал крепостной строй. Привлечение иностранных специалистов было делом весьма нелегким и стоило очень дорого. Так, например, по договору с Гаскойном ему выплачивали: «по две тысячи по пятисот фунтов штерлингов в год по курсу российских денег в Англии»¹. Кроме того, он получил половину прибыли от снижения стоимости пушек, производимых олопецкими заводами, что составило 171 422 руб. Да еще после смерти Гаскойна в 1806 г. оказалось, что он присвоил 143 44-2 руб. из заводских денег и т. д. Мастера иностранцы также получали очень крупные суммы.

Но самое главное было в том, что в области гидроэнергетики использование иностранного опыта и по самой сути дела было и могло быть исключительно ограниченным. Отнюдь не случайно, что среди иностранных мастеров, работавших в России XVIII в., встречается очень много специалистов по различным разделам в собственном смысле слова горного дела и металлургии, и, как правило, почти совсем или совсем нет специалистов по постройке гидросиловых установок.

Больше того, нам известно много примеров того, что иностранные специалисты особенно часто терпели неудачи при постройке заводских гидросиловых установок. Так, например, Блюэр и Михаэлис, первоклассные знатоки своего дела, столкнулись в России с чрезвычайными затруднениями при постройке горнозаводских плотин, так -как сообщает источник: «ни Михаэлис, ни Блюэр не умели делать плотины, какие в России употребительны»².

¹ С. Левинова, Ук. соч., стр. 43.

² «Горный журнал», 1828, кн. VI, стр. 109.

Геннин сообщает, что на Уктусском заводе Михаэлис смог построить только одну плотину «да и тое плотину по постройке провала»¹.

Использование зарубежного опыта в деле строительства гидросиловых установок носило вспомогательный характер. Уральские, тульские, алтайские, олонечкие русские специалисты непосредственно своими трудами обеспечили успехи русской гидроэнергетики XVIII в. Иначе и быть не могло в силу совершенно различных условий работы гидротехнических сооружений того времени в России и за рубежом. Подводя итоги своей более чем тридцатипятилетней деятельности в России, Геннин в 1735 г. признал, что в основу строительства гидросиловых установок необходимо было класть в России иные принципы, чем это имело место в западно-европейской практике.

Геннин писал: «В Германии... таких плотин, как здесь в России есть, не делаетца»².

Он утверждал, что на западно-европейских реках весной «великой лед бывает» и плотины, построенные «поперег реки из бревен с глиною», там разрушаются весной до основания, даже если плотины «и толсты, и вешняки чрез меру широки». По описанию Геннина на западно-европейских реках: «лед ломаетца великими штуками, и всегда бывает, что перед вешняком спираетца, и вода от того чрез плотины по верху проходит и тем их промывает».

По его указанию, на Западе в то время применяли два решения при постройке заводских плотин. На излучинах больших рек, где «падение оных было покруче», устраивали поперечный канал (рис. 6). Перерезывая излучину, канал соединял два участка реки и обеспечивал пропуск части воды с сосредоточенным в нужном месте падением, соответствующим разнице высот соединенных участков³. В тех же случаях, когда приходилось сооружать заводские плотины, пересекающие реку, по сообщению Геннина, плотины строили на Западе, не из земли и бревен, а каменные (рис. 7). Вода, подпертая плотиной, могла идти через щитовой затвор (виден на рисунке слева) в канал, подающий воду к колесам завода. Плотина глухая, с свободным переливом воды через гребень. Тело плотины возведено на свайном основании, показанном на верхнем рисунке (где плотина дана в разрезе). Плотина показана сложной из дикаря. Через все тело плотины проходит горизонтальный имевший строительное значение шов из каменных плит. Плотина со всех сторон облицована каменными плитами. Облицовка наклонной части (швы в перевязку) и железные скобы, соединяющие плиты и положенные вдоль по течению, свидетельствуют, что строители старались уменьшить таким образом сопротивление стекающей воде. Земляная отсыпь — одно из основных мероприятий для

¹ В. Геннин, Описание уральских и сибирских заводов, 1735, М.-Л, 1937, стр. 448.

² В. Геннин, Ук. соч., стр. 127—129.

³ «При реках, где обыщут удобные места такие, чтобы падение оных было покруче, копают по течению их вниз в берег реки рвы горизонтально до таких мест, где б при конце того рва дно его и вода, пущенная по нему, выше колес была, и оттого бы могли иметь колеса действие свое» (стр. 128).

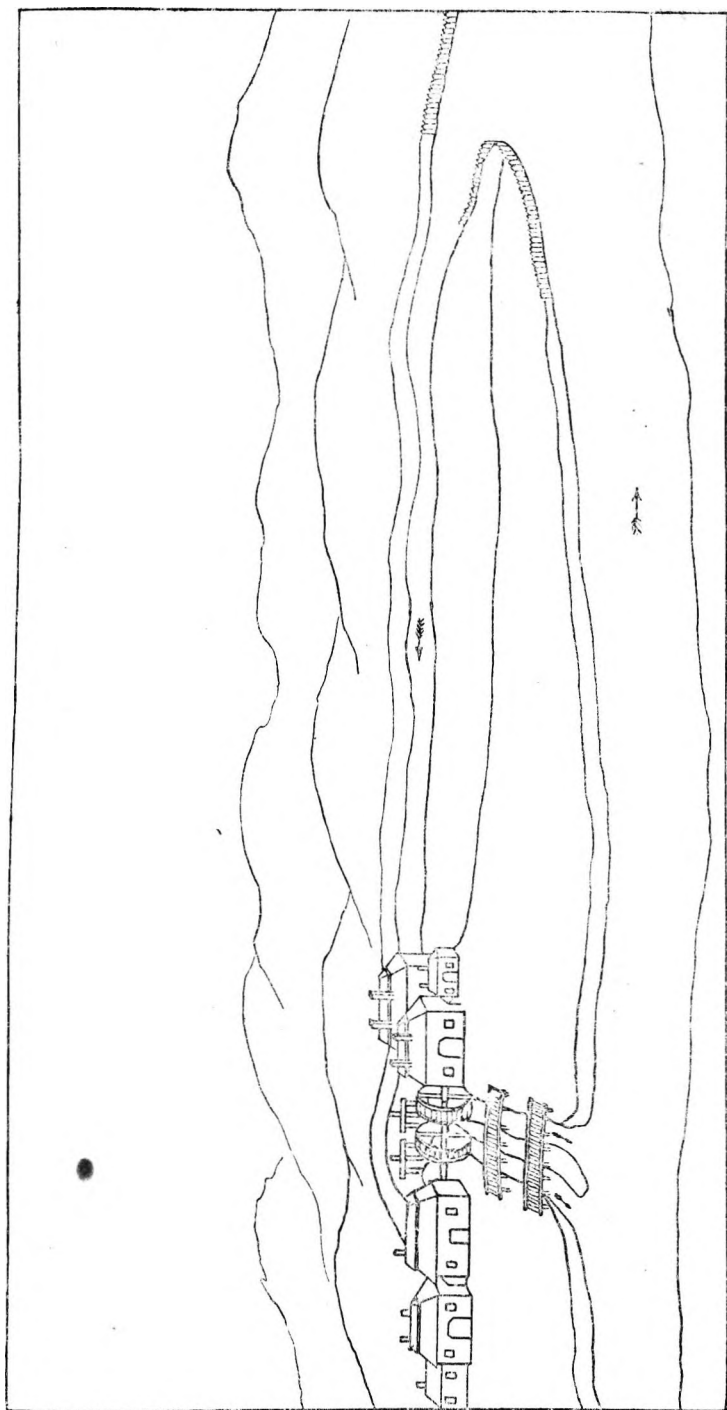


Рис. 6. Гидросиловая установка с деривационным каналом в Западной Европе (Геннин—«Абрисы», 1735 г.) (Стрелки, показывающие течение реки, даны неверно.)

обеспечения водонепроницаемости. Оба берега реки, вход в деривационный канал и выход канала, по которому вода сбрасывалась в реку, имеют каменное крепление. Судя по чертежу, общее протяжение каналов было небольшим. Применение водосливной плотины делало возможным использование относительно больших рек с значительными паводками.

Описывая подобные плотины, Геннин отмечал, что в русских условиях должны были быть разработаны иные решения, отличные

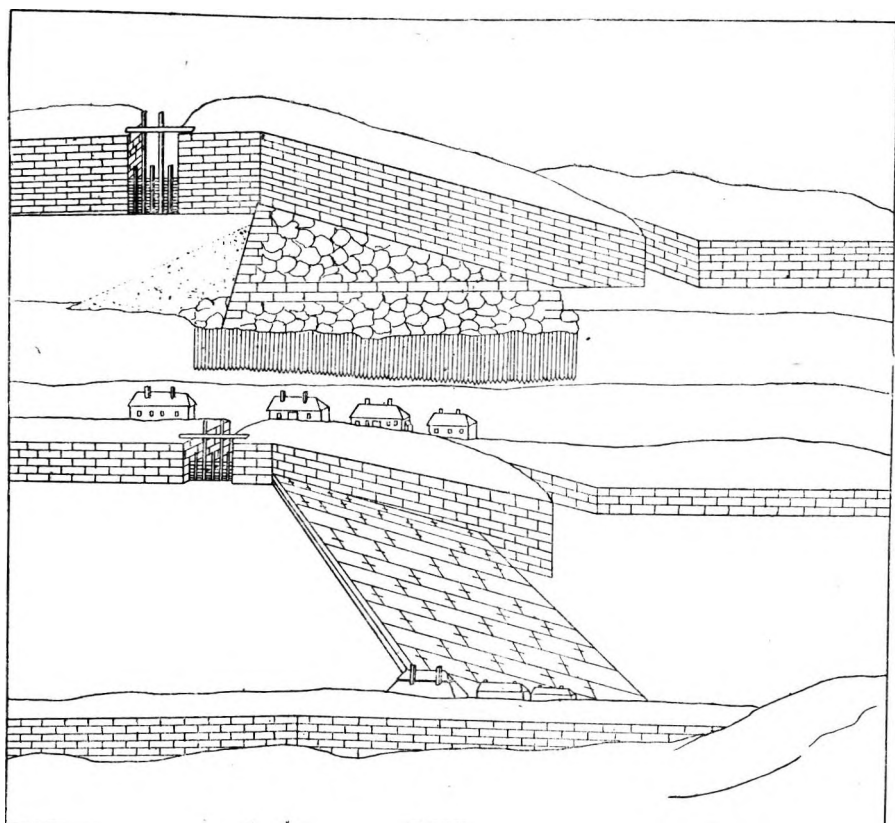


Рис. 7. Каменная плотина через большую реку в Западной Европе (Геннин — «Абрисы», 1735 г.).

от западно-европейских. И, действительно, русские гидротехники XVIII в. самостоятельно изыскивали оригинальные решения при сооружении гидросиловых установок, учитывая, конечно, предшествующий как отечественный, так и зарубежный опыт. Использование в области гидротехники зарубежного опыта в России XVIII в. имело и могло иметь только вспомогательное и отнюдь не определяющее значение. Об этом свидетельствует история русских гидросиловых установок XVIII в., выполненных как по плотинным, так и по деривационным схемам.

ГОРКОЗАВОДСКИЕ ПЛОТИННЫЕ ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII в.

Гидротехнические сооружения на русских горнозаводских предприятиях в первой половине XVIII в. сооружались по так называемым плотинным схемам, при которых все сооружения располагаются в виде одного узла.

Типичный пример постройки гидротехнических сооружений по такой схеме представляет Екатеринбургский завод (рис. 8)¹. В Екатеринбурге находилось и главное управление уральскими казенными заводами. Екатеринбург представлял в то время завод-крепость. Крепость по откровенному признанию Геннина соорудили «для безопасности от беспокойного народа»². Наиболее крупным заводским сооружением была «большая плотина чрез реку Исеть с вешняным мостом и разными ларями». Издержки на постройку крепости, завода и прочего строения составили к 1734 г. 53 679 руб. 2 коп.

Плотина Екатеринбургского завода во время окончания постройки имела в длину 98 саж. (209 м) при 20 саж. ширины (42,6 м) и 3 саж. вышины (6,5 м). Высота «рабочей» воды в заводском пруду в половине составляла 5 аршин (3,6 м).

В центральной части плотины находился вешняной прорез для сброса излишних вод. Примерно посредине каждого из отрезков плотины, расположенных между берегом и вешняком, находился ларевой прорез. Вода из ларевых прорезов поступала по системе ларей на 50 колес отдельных, «фабрик»-цехов, расположенных непосредственно у плотины по обе стороны сливного моста.

Схемы гидротехнических сооружений других русских заводов

¹ Завод основан В. Н. Татищевым в 1721 г., постройка окончена в 1723 г. Подробное описание завода дано в рукописи «Описание заводов 1735 г.». Изд. 1937 г., стр. 69—438.

² В. Геннит, Ук. соч., стр. 75.

³ Русские гидротехники различали в заводском пруду мертвую и рабочую воду. «Воду, находящуюся ниже порога, называют мертвой, а выше оною рабочую; ибо действующая вода есть токмо последняя» (П. Аносов, Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского завода, 1819, стр. 50. Рукопись, хранящаяся в библиотеке Ленинградского горного института). При подсчетах количества воды в заводском пруду для действия водяных колес принимали во внимание только рабочую воду.

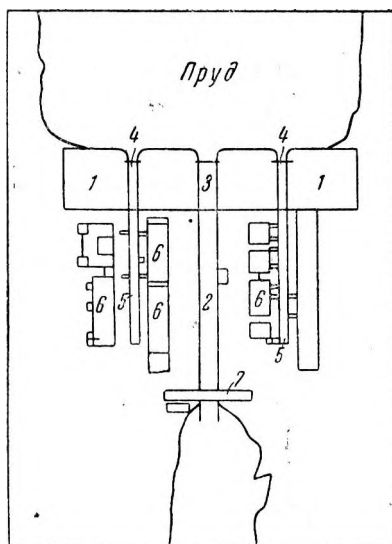


Рис. 8. Гидротехнические сооружения Екатеринбургского завода в 30-е гг. XVIII в. 1 — плотина; 2 — сливной мост; 3 — водоспуск; 4 — ларевые (рабочие) прорезы; 5 — лари; 6 — заводские здания.

первой половины XVIII в. очень близки к рассмотренной. На прочих заводах по существу лишь варьирует в это время расположение ларевых прорезов и отчасти вешняков в связи с местными условиями.

Так, например, на Каменском заводе¹ (рис. 9) вешняк был смещен к правому концу плотины². Обслуживаемые водяными колесами «фабрики»-цехи были расположены на площадке, примыкающей непосредственно к левому берегу вешняного протока³. Примерно соответствуют рассмотренной схеме гидротехнические сооружения: Уктусского⁴, Полевого⁵, Елизаветского заводов⁶. На Быньговском⁷, Верхнеисетском⁸ и некоторых других заводах заводские площадки, непосредственно примыкающие к плотине, были расположены по правую сторону вешняного протока. Но, пожалуй, наиболее частым было в первой половине XVIII в. размещение заводских вододействующих цехов по обе стороны вешняного протока, примерно аналогичное имевшему место в Екатеринбурге. Такое расположение имело место на Выйском⁹, Егошихинском¹⁰ и многих других заводах Урала¹¹ (рис. 10).

¹ Чугунолитейный, пушечный и железодельный завод построен в 1700—1701 гг.: «построена плотина, домна и молотовая фабрика и анбары и сарай для клажи припасов, кантора, кузница и квартиры для житья мастеровым людем» (описание завода см. Геннин, Ук. соч., стр. 475—486). Завод построили на притоке Исети р. Каменке примерно в 2 км от ее устья и в 90 км к югу от Екатеринбурга.

² Плотина длиной 50 саж., шириной 16 саж., вышиной 3 саж. (6,5 м).

³ Рукопись Геннина (экземпляр Государственной публичной библиотеки в Ленинграде), стр. 392. Аналогичные справки, не оговаривая далее, даем для планов, имеющих в рукописных текстах Геннина, но не воспроизведенных при опубликовании его труда в 1937 г.

⁴ Доменный, железодельный и медеплавильный завод. Построен в 1702—1704 гг. на р. Уктусе близ Исети в 7 км от Екатеринбурга (описание дано у Геннина, Ук. соч., стр. 447—456). План завода имеется в рукописи (экземпляр Государственной публичной библиотеки, стр. 347).

⁵ Сперва медеплавильный, затем доменный и железодельный завод. Построен в 1724—1725 гг. на речке Полевой, притоке р. Чусовой, в 52 км к югу от Екатеринбурга (описание дано у Геннина, Ук. соч., стр. 507—508).

⁶ Елизаветский или Верхнеуктусский железодельный. Постройка плотины начата в 1722 г. В 1723 г. произошла авария: «весною тое плотину промьло и пронесло и была она так по 724-й год». В 1725 г. Геннин восстановил плотину и построил здесь завод.

⁷ Железодельный завод к северо-востоку от Невьянского у слияния р. Бынгы с Нейвой. Построен Демидовым в 1718 г. (Геннин, Ук. соч., стр. 615—616).

⁸ Железодельный завод, затем доменный. Работал с 1726 г. (Геннин, Ук. соч., стр. 439—446).

⁹ Сперва медеплавильный, затем до 1814 г. железодельный завод. Основан Демидовым в 1721 г. на р. Вые, летом притоке Тагила в 3 в. от Нижнего Тагила (Геннин, Ук. соч., стр. 617—618).

¹⁰ Медеплавильный завод на р. Егошихе, невдалеке от впадения ее в Каму, построен Генниным в 1723—1724 гг. (Ук. соч., стр. 565—579). План в рукописи Геннина (экземпляр ГПБ, стр. 550).

¹¹ См. также по материалам Геннина схемы заводов: Алапаевского (1714 г.), Сиячихинского (1724 г.), Лялинского (1724 г.), Пыскорского (1723 г.), Невьянского (1701 г.), Шуралинского (1716 г.), Верхнетагильского (1718 г.), Нижнетагильского (1725 г.), Черноисточинского (1728 г.), Уткинского (1729 г.), Ревдинского (1731 г.), Суксунского (1729 г.), Шайтанского (1732 г.), Билимбаевского (1734 г.) и других заводов.

По аналогичным плотным схемам строились заводы и в других районах России в первой половине XVIII в., как это имело место, например, на Алтае для обоих заводов, построенных в то время. Об этом свидетельствует план Кольванского медеплавильного завода¹, построенного Демидовым в 1729 г.² (рис. 11).

По аналогичной схеме были созданы гидротехнические сооружения Барнаульского серебро- и медеплавильного завода, основанного в 1740 г.³ (рис. 12).

Плотинная схема была применена также при постройке завода при Петре I в Петрозаводске¹. Рис. 13 воспроизводит «План бывшему расположению дворца и чугунолитейного завода государя императора Петра Великого в городе Петрозаводске». План составлен в 1819 г. по распоряжению горного начальника Олонецких за-

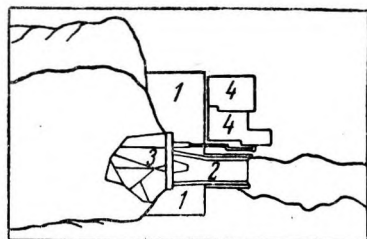


Рис. 9. Каменский завод в 30-е гг. XVIII в. 1 — плотина; 2 — водослив; 3 — двор перед водосливом; 4 — завод (по Геннину).

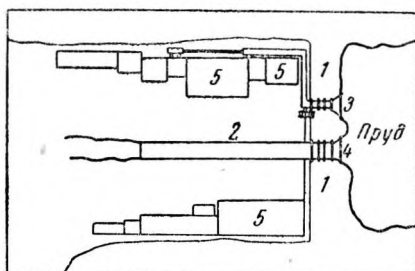


Рис. 10. Егошихинский завод в 30-е гг. XVIII в. 1 — плотина; 2 — сливной мост; 3 — ларевой (рабочий) прорез; 4 — водоспуск; 5 — завод (по Геннину).

водов на основании «собранных от старожиллов сведений и существовавших, по свидетельству очевидцев остатков»⁵.

Плотина Петровского завода была, судя по данной схеме, сооружена из ряжей-срубов, заполненных, видимо, глиной. Помимо внешнего прореза со сливным мостом 14, имелся канал—«русло для действия завода» 16, судя по размерам которого, может быть также использованный для сброса части вод паводка. Подвод воды для привода водяных колес «в доменном корпусе о четырех домнах» 15 составители не показали, хотя он безусловно имел место⁶. По чертежу молотовая, якорная, проволочная и кузница (17) не имели вододействующих установок, что более чем сомнительно вообще и

¹ Центральный государственный военный архив, фонд № 3, дело № 3409.

² Первый заводик, названный Кольванским, был построен в 1727 г. с ручными воздуходувными мехами. В 1729 г. Клеопин, присланный с Урала, перенес завод на новое место, оборудовав вододействующими колесами.

³ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, дело № 1, л. 134. Длина плотины около 500 м, ширина поверху 25 м.

⁴ «Сведения о расположении бывших петровских заводов», «Горный журнал», 1826, т. VI, стр. 145—149 с приложением I вкл. чертежа.

⁵ Там же, стр. 147.

⁶ Подобное упущение встречается на многих чертежах XVIII в.; далее особо не оговариваем такие упущения.

совсем исключено для молотовой. Здесь тоже, видимо, имеет место упущение составителей чертежа¹. Ниже завода, примерно на расстоянии 395 м по течению р. Лососинки, показана вторая плотина 18. Назначение ее не объяснено. Место расположения второй плотины вызывает недоумение.

Для работы завода данная плотина не могла использоваться. Образующий ею подпор мог играть только отрицательную роль. Вторая плотина перекрывает только один из протоков реки; второй — свободен. Поэтому представляется, что скорее всего данная плотина защищала во время паводка какую-то часть расположенной ниже территории. Можно также допустить, что остатки ка-

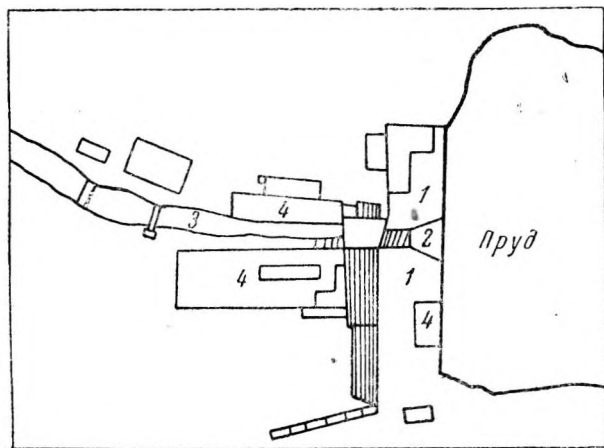


Рис. 11. Кольванский завод в 40-е гг. XVIII в. 1 — плотина; 2 — водоспуск; 3 — сливной мост; 4 — завод. (Центральный государственный военный архив, Ленинград—ЦГВА, Л.).

кой-то старой плотины сохранились здесь от более ранних, чем петровские времена. Так или иначе вторая плотина вряд ли имела отношение к петровскому заводу. Мало вероятно, что она была предназначена для защиты нижнего бьефа при ветрах со стороны Онежского озера.

Принципы, которыми руководствовались русские строители первой половины XVIII в. при постройке заводских

схемам, детально изложены в рукописи Геннина¹.

Для постройки заводских плотин использовали только малые водотоки, на которых «судового хода нет». Место для сооружения плотины выбирали такое, «чтоб на обоих сторонах реки береги, где быть плотине, были круты и высоки и, конечно, не ниже пяти или шести сажень». Слово «береги» в приведенном отрывке, конечно, относится к пойме реки, а не непосредственно к самому речному берегу.

Строители того времени были озабочены созданием искусственного водохранилища для накопления достаточного запаса воды в многоводные периоды с целью обеспечить равномерный последующий расход на протяжении всего года.

С этой целью выбирали места, где выше плотины могло бы образоваться крупное водохранилище. Такому условию удовлетворяли относительно небольшое падение реки и широкая пойма выше

¹ В. Геннин, Ук. соч., изд. 1937 г., стр. 128—131.

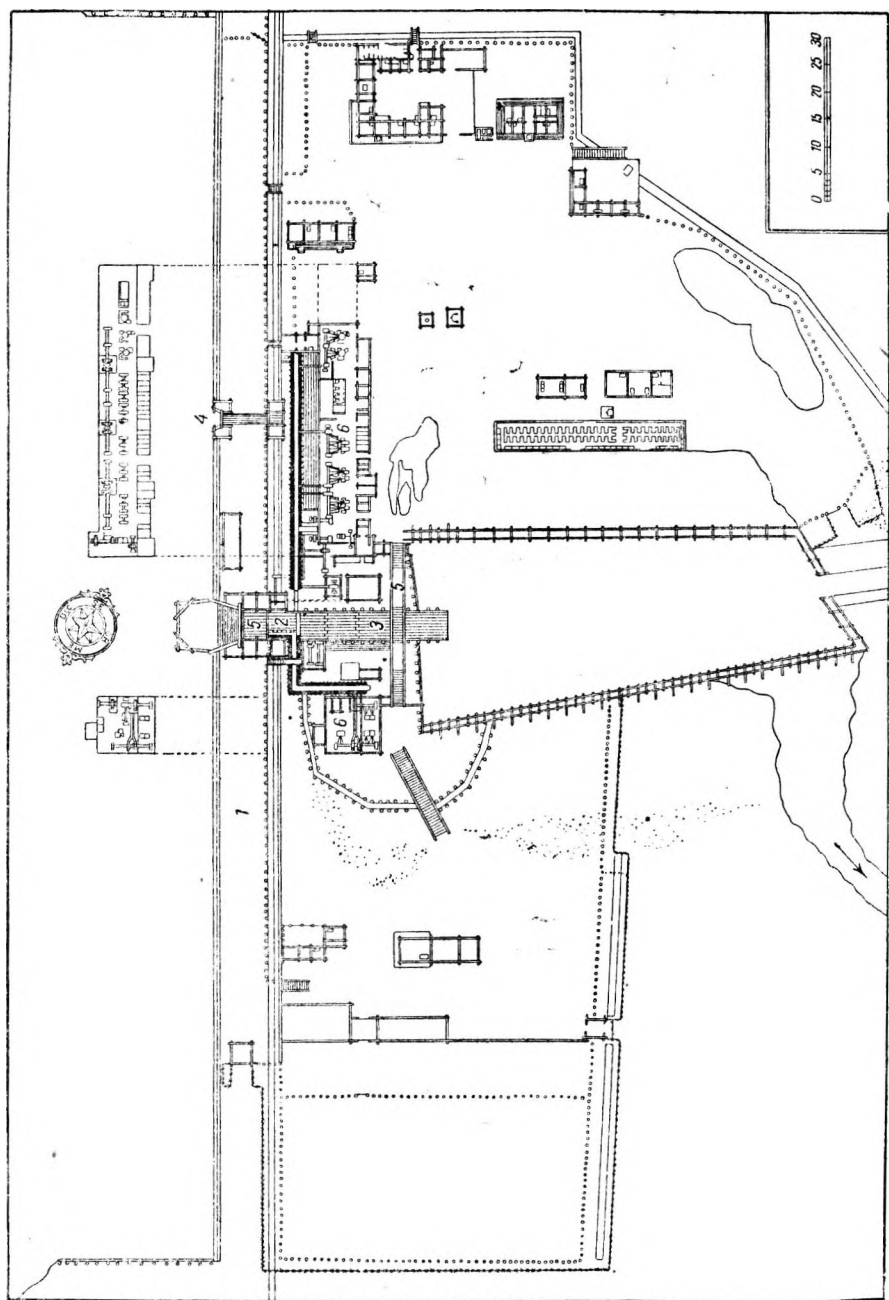


Рис. 12. Барнаульский завод в 1751 г., по чертежу, засвидетельствованному И. И. Ползуновым. 1—плотина; 2—во-
доспуск; 3—сливной мост; 4—деревянный мост; 5—мосты через водоспуск и сливной мост; 6—сереброплавильный
завод (ЦГАИХ, Л.1.).

плотины. Геннин требовал при выборе места для плотины, чтобы: «река б не очень круто падение имела, но выше б плотины до-вольный разлив мог быть и запертая вода далее могла разливатца». Подчеркивая упомянутую задачу, тот же автор указывал:

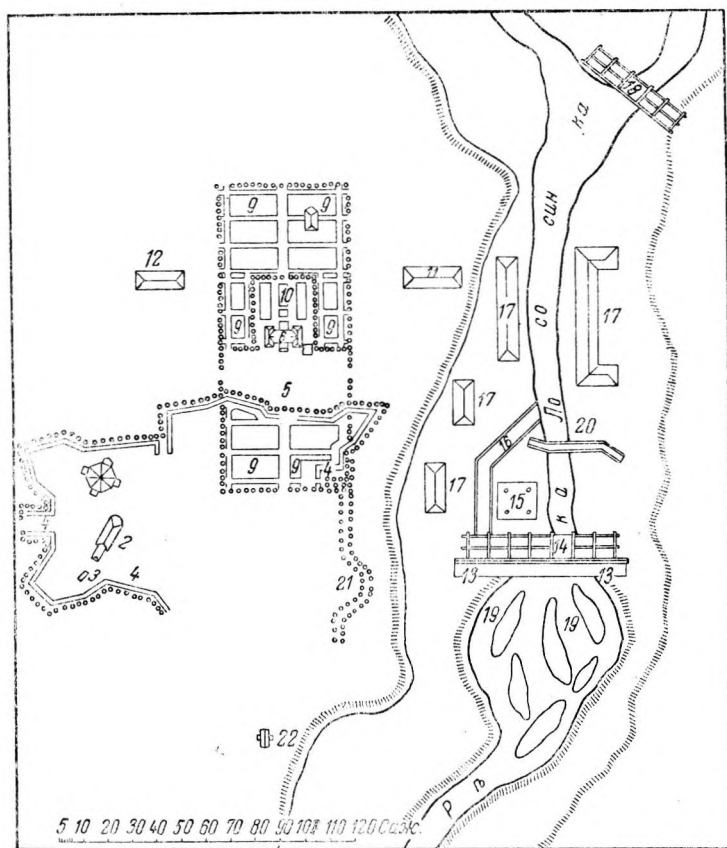


Рис. 13. План петровского завода в Петрозаводске по чертежу, составленному в 1819 г. «13—мост через плотину; 14—верхняя плотина; 15—доменный корпус о четырех печах; 16—русло для действия завода; 17—молотовая, кузница, якорная, проволочная и пр.; 18—нижняя плотина расстоянием от озера Онега на 100 саж.; 19—пруд для действия завода; 20—мост через реку Лососинку; 21—место, расположенное для устройства тюрьмы; 22—так называемый «дом Лефорта». «2—церковь; 3—могила блаженного Фаддея; 4—укрепление или земляной вал с палисадом; 5—парадное место при дворце; 6—дворец; 7—кладовая; 9—сад, или березовая роща; 10—пруд для помещения рыбы; 11—ландратский дом; 12—гауптвахта при дворце».

«И когда на таком месте для верхнебойных колес, понеже нижнебойные не употребляютца для бережения воды, плотина построитца вышиною в четыре сажени, и вешняки запрутца, тогда вешняя вода может без выпуску в разливах быть в пруде и, хотя излишняя будет напрасно не проходить, но для запаса на фабрики будет на целый год».

Как удачный пример выбора места для плотины Геннин приводит плотину Верхнеисетского завода, сооруженную в таком месте, что от нее вверх по реке: «на обе стороны плоская ситуация и берега низкие, также великие болота и луга на обоих сторонах реки имелись. Около оных болотов и лугов низких — леса, огорожены горами».

В результате успешной постройки Верхнеисетской плотины, существующей благополучно до сего времени свыше двухсот лет, удалось создать «озеро длиною 15 верст, а циркумференции (окружность.— В. Д.) слишком 30 верст. И от того озера и запасной в нем воды Екатеринбургские все фабрики... также и те цесаревны Анны заводы всегда в действии»¹.

Описывая постройку плотин, Геннин утверждал, что при соблюдении рекомендованных им правил: «в ларях (подающих воду к колесам.— В. Д.) вода завсегда стоит вглубь с лишним на пять аршин и имеетца выше колес. И от такой великой тягости (т. е. от большого напора.— В. Д.) воды на колеса меньше потребно, ибо она из ларей на колеса идет сильно». Вместе с тем он отмечал, что в больших водохранилищах «вода не так стынет, для того что они глубоки». Наконец, благодаря сильному течению относительно теплой воды по его же описанию: «не надобно и огонь держать в колесницах для согревания оных, чтоб колеса не обмерзали».

Весьма существенным обстоятельством было то, что при наличии обширного зеркала запруды течение в верхнем бьефе было весьма незначительным. Поэтому лед обычно не создавал угрозы разрушения плотины: «А лед хотя на оных прудах и есть же, токмо весною бывает весьма рухл, и от малых ветров розбиваетца и пропадает вскоре и к вешняку мало приходит, для того что озера и пруды тишину имеют и быстрого течения нет и к вешняку юного (лед. — В. Д.) привлечь сильно нечем»².

Для того чтобы обеспечить водяные колеса заводов на целый год, практиковалось устройство вспомогательных плотин, выше заводской основной плотины. Так была построена упоминавшаяся выше Верхнеисетская плотина.

В 1724 г., т. е. через год после постройки Екатеринбургского завода, выяснилось, что воды, удержанной его плотинной, «зело мало»; сухая осень заставляла предполагать, что «в зимнее время за водою остановка будет». Решили принять меры, чтобы обеспечить достаточный запас воды и чтобы «в заводах остановки и припасом умаления и мастерам оскудения не было». С этой целью решили построить весной 1725 г. упомянутую выше вспомогательную плотину на р. Исети выше Екатеринбургского завода примерно на 2,9 км (2 версты и 356 саж.). Плотину построили длиной 320 м (150 саж.), высотой 9,2 м (4¹/₃ саж.) и шириной 58,6 м

¹ Завод Цесаревны Анны или Верхнеисетский был построен в 1726 г. при новой плотине, которая сперва предназначалась только для создания вспомогательного водохранилища. В дальнейшем протяжение образовавшегося водоема — 10 верст, ширина—3 версты.

² В. Г е н н и н, Ук. соч., стр. 131.

(27¹/₂ саж.). Тогда как старая Екатеринбургская плотина образовывала водохранилище на протяжении 3 верст, новая Верхнеисетская плотина создала, как указывалось, огромное водохранилище, протянувшееся на 15 км вверх по р. Исети¹.

Обычно, как это было и при Верхнеисетской плотине, при вспомогательных плотинах сооружали заводы. Так, например, в 1722 г. приняли решение: «от Уктуских заводов вверх по реке Уктусе, в 4 верстах, при деревне Нижняго Уктуса, сделать плотину для воды в запас к Уктуским нижним заводам и дляковки тонкого железа небольшой завод».

На р. Камгорке, притоке Камы, в 1724 г. было закончено строительство трех плотин Пыскорского завода. Первая из плотин находилась на р. Камгорке в 215 м от ее впадения в р. Каму. Вторая плотина была установлена в 320 м от первой, а третья—в 693 м от второй, вверх по течению р. Камгорки. При нижней и средней плотинах были медеплавильни, а (верхняя плотина была «для содержания внешней и осенней воды»; при ней были: большой молот для разбивки руд и известняка и две печи, чтобы «вешняя вода испруда в туне не проходила».

Приведенные материалы свидетельствуют, что русские гидротехники выработали в первой половине XVIII в. основные принципы сооружения вододержательных плотин, соответствующих русским условиям, а также систем таковых, накапливающих доста-

¹ В 1776 г. примерно в 12 км вниз от Екатеринбурга по течению р. Исети соорудили еще одну плотину, при которой построили Нижнеисетский чугуноплавильный и железодельный завод. В конечном итоге здесь была создана развитая гидротехническая система для обеспечения заводов: Верхнеисетского (требовавшего до 450 л. с.), Екатеринбургского (до 300 л. с.) и Нижнеисетского (до 265 л. с.). На расстоянии около 1 км от Шит-озера (около 7 км длины при 3 км ширины), из которого вытекает р. Исеть, соорудили на последней запасную плотину, достигавшую в длину до 1,6 км. Запасная плотина, порог которой поднимался на 2,8 м над меженем р. Исети, сделала возможным подпор выше порога еще на 2,3 м, т. е. общий подпор составлял здесь у плотины около 5,1 м. Примерно в 18 км ниже запасной плотины находилась плотина Верхнеисетского завода с подпором на 7,8 м. Во время наибольшего скопления воды Верхнеисетской плотинной разлив пруда доходил до запасной плотины так, что вода нижнего бьефа стояла у нее только на 1,4 м ниже порога запасной плотины. При стоянии воды на 2,8 м выше порога Верхнеисетской плотины подпор, ею образованный, заканчивался непосредственно у запасной плотины. Верхнеисетский пруд питался как за счет Шитского регулятора, так и за счет ключей и ручьев, впадающих в пруд. Плотина Екатеринбургского завода поднимала воду тогда на 7,8 м, что обуславливало разлив пруда до самого Верхнеисетского завода, причем, однако, там сохранялся: «горизонт в водоотводных каналах, на нормальной мере реки». Объем Екатеринбургского водохранилища был настолько незначителен, что, конечно «воды в нем достало бы не более, как на неделю времени, допустив полное действие» водяных колес у Екатеринбургской плотины. Следовательно, Верхнеисетский и Екатеринбургский заводы работали за счет запасов, накопленных в двух верхних прудах. Пруд Нижнеисетского завода помимо поступающей по р. Исети получал воду из впадавших в нее рр. Уктуса и Шабровки, расход которых в самое сухое время составлял около 1,7 м³/сек. Кроме того, вода поступала в Нижнеисетский пруд из прилегающих к нему болот. Нижнеисетский завод был обеспечен водой лучше, чем лежащие выше заводы (подробное описание см. В. Р о ж к о в, О гидравлическом горнозаводском хозяйстве, с описанием устройств в нем употребляемых, «Горный журнал», 1856, стр. 106—110).

точные запасы воды и обеспечивающих действие большого количества верхнебойных колес за счет небольших в межень водотоков.

Если бы не существовало Верхнеисетской плотины, то по мнению Геннина р. Исеть не могла бы обеспечить действие более чем 15 колес у плотины Екатеринбургского завода, расположенной ниже. Благодаря тому что системой плотин здесь удерживались достаточные количества вешней воды, на Екатеринбургском заводе действовало, в то время, всегда «слишком пятьдесят колес целый год без остановки».

Принимая в среднем мощность одного колеса порядка 5—6 л. с., получаем среднюю установленную мощность водяных двигателей Екатеринбургского завода равной примерно 300 л. с. Таким образом за счет проведения перечисленных мероприятий удавалось добиться сравнительно значительных мощностей на весьма малых речках с небольшими средними расходами.

Обобщая сказанное, устанавливаем следующие принципы, которыми руководствовались русские строители гидросиловых заводских установок в первой половине XVIII в.

1. Применение плотинных схем, при которых создаются плотины, принадлежащие к классу вододержательных (с пропуском воды только через водоспуски).

2. Постройка плотин на несудоходных реках.

3. Использование, водотоков с очень малыми нормальными расходами.

4. Выбор места для плотины, где берега поймы сравнительно высоки (10—12 м), причем выше плотин имеется достаточная площадь для разлива.

5. Небольшое падение реки для того, чтобы выше плотины могло образоваться достаточно большое водохранилище.

6. Обеспечение плотины от разрушающего действия вешнего льда за счет очень медленного течения в верхнем бьефе и в значительной мере за счет таяния льда во время его пребывания в верхнем бьефе.

7. Обеспечение достаточного: напора для действия исключительно верхнебойных (наливных) колес.

8. Создание достаточно глубокого водоема, гарантированного от промерзания.

9. Устранение необходимости обогрева зимой от обмерзания колес и их кожухов посредством использования быстрого течения сравнительно теплой воды из глубокого водохранилища.

10. Устройство вспомогательных плотин выше заводской плотины с целью создания запасных водохранилищ.

Конечно, гидросиловые установки первой половины XVIII в. имели много недостатков. Наиболее существенным было то, что зачастую (обычно зимой) воды в заводском пруду не хватало для действия колес. Неоднократно имели место случаи, когда паводки прорывали плотины и причиняли значительные разрушения заводов. Изыскивая способы борьбы с последствиями паводков, рус-

ские гидротехники внесли во второй половине XVIII в. весьма существенные изменения в плотинные схемы, рассмотренные далее. Но в конечном итоге и строители первой половины XVIII в. неплохо справлялись со своими задачами. Лучше всего об этом свидетельствуют существующие до настоящего времени плотины: Екатеринбургская, Верхнеисетская, Кольванская, Барнаульская и многие другие, созданные около двухсот лет тому назад.

Самый факт столь долговременного существования гидротехнических сооружений представляет исключительный интерес в условиях современного внимания к использованию энергии малых рек. Чрезвычайно интересным представляется тщательное критическое изучение всех приемов, применявшихся строителями того времени с целью добиться на водотоках с малыми расходами сравнительно больших мощностей за счет тщательного сбора вод паводков. В этом смысле практика строителей гидросиловых установок первой половины XVIII в. представляется весьма поучительной.

Наконец, большое практическое значение бесспорно должно иметь изучение всех, как сохранившихся, так и вышедших из строя из-за отсутствия поддержки плотин того времени с целью установить возможность восстановления и модернизации таковых. Особенно важной представляется такая задача в связи с тем, что большинство заводских плотин рассматриваемого периода было сооружено на реках, использование водной энергии на которых теперь зачастую необоснованно игнорируется.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ГОРНОЗАВОДСКИЕ ПЛОТИННЫЕ ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII в.

Плотинные гидросиловые установки сохраняются на большинстве русских заводов XVIII в. Но наряду с ними весьма значительное распространение во второй половине получают ранее неизвестные

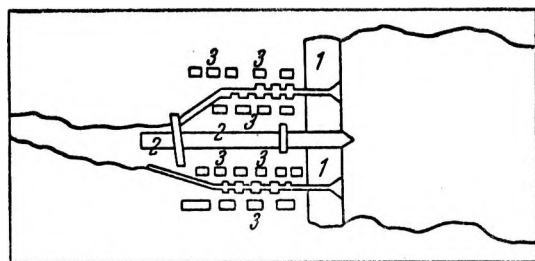


Рис. 14. Екатеринбургский завод в 60-е гг. XVIII в. 1 — плотина; 2 — водоспуск и сливной мост; 3 — цехи завода (Архив географического общества).

у нас различные варианты оригинальных деривационных, рассмотренные далее. Кроме того, русские гидротехники вносят существенные изменения в ранее известные плотинные схемы.

Старые плотинные схемы сохраняются, конечно, прежде всего на заводах, построенных в первой половине XVIII в. Так, например, чертеж Екате-

ринбургского завода начала 60-х гг. XVIII в. свидетельствует, что

его гидротехнические сооружения не претерпели изменений к этому времени (рис. 14)¹ по сравнению с 20-ми гг. (рис. 8).

Точно так же сохраняются без изменений плотинные схемы и на большинстве других старых заводов, как, например, на Егошинском. На рис. 15 воспроизведена схема из составленного в 90-х гг. XVIII в. оригинала, озаглавленного: «Общий чертеж казенному и партикулярному домовому строению Колыванского завода»². К этому времени Колыванский завод, как металлургический, перестал существовать. На правом берегу вешняного протока была установлена шлифовальная фабрика 2, славящаяся и в наши дни своими изделиями из чудесных алтайских самоцветов. На

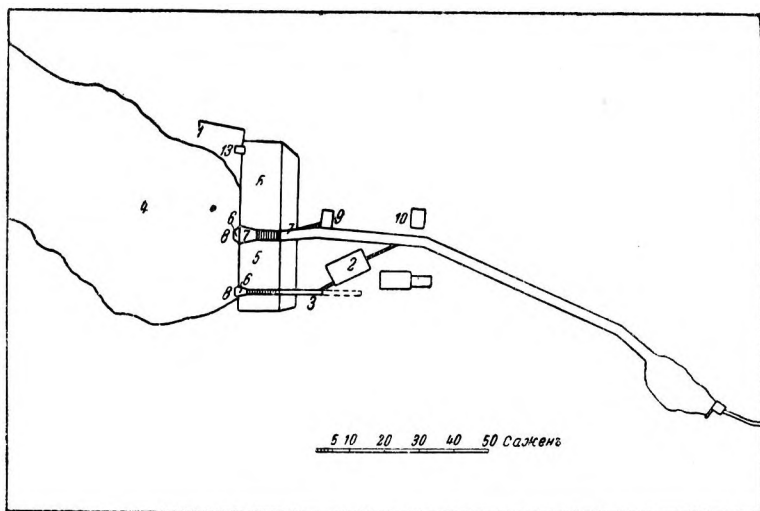


Рис. 15. Колыванский завод в 90-е гг. XVIII в. 1 — заплот; 2 — шлифовальная мельница; 3 — «капитальный ларь»; 4 — часть пруда; 5 — плотина; 6 — порог плотины; 7 — водоспуск и сливной мост; 8 — вешняный двор; 9 — пильная мельница; 10 — кузница; 13 — конюшня (ЦГАНХ, Л.).

левом берегу вешняного протока находилась пильная мельница 9. Но самый пруд 4, плотина 5, вешняные дворы 8 остались без особых изменений. Вода для пильной мельницы забиралась из вешняного прореза 7. К шлифовальной фабрике подавали воду через ларевой прорез и «капитальный ларь» 3.

Плотинные схемы, соответствующие старым вариантам, (воспроизводили также при постройке многих новых заводов во второй половине XVIII в. Как один из многочисленных подобных примеров, можно привести плотинную схему Верхнетроицкого завода, по-

¹ Архив Географического общества, А-37 № 3. Серия чертежей уральских и сибирских заводов XVIII в.

² Центральный государственный архив народного хозяйства. Фонд: Кабинет е. в. Опись 44/1130. Дело № 339.

строенного в 1752 г. на р. Кидаше ¹ (рис. 16). Аналогичные решения с некоторыми второстепенными видоизменениями были даны при постройке Преображенского медеплавильного завода в 1750 г.², Каноникольского медеплавильного завода Мосолова в 1751 г.³, Катав-Ивановского чугуноплавильного и железоделательного за-

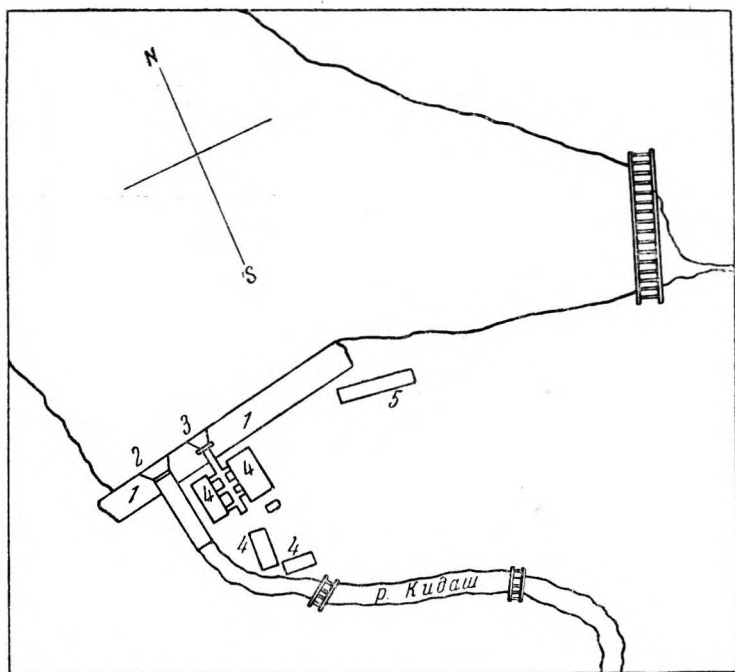


Рис. 16. Верхнетроицкий медеплавильный завод по плану 1780 г.
1 — плотина; 2 — водоспуск; 3 — ларевой прорез; 4 — заводские здания; 5 — угольный сарай.

вода Мясникова, выстроенного в 1755 г.⁴ и некоторых других из оренбургских заводов постройки второй половины XVIII в.

¹ По плану из серии чертежей XVIII в. Института истории Академии наук СССР, фонд Воронцовых. 1316/570 № 36. Размеры плотины: длина по основанию 117 м, по горизонту 160 м, ширина 15 м, высота 7,1 м. Сперва на заводе помимо выплавки меди ковалась медь «в доски», а затем была основана «котельная» к делу «черной посуды».

² На р. Урлан-Зилаире в 210 верстах от Оренбурга (завод был расположен между скал на абсолютной высоте 1 389 футов). Размеры плотины: длина по основанию 58 м, по горизонту 77 м, ширина 30—34 м, высота 6,4 м. Подпор воды на ларевом пороге 3,5 м, на вешняном 5 м (план из серии заводских чертежей Института истории Академии наук СССР, фонд Воронцовых 1316/570 № 130).

³ Там же, фонд Воронцовых 1316/570 № 178. Размеры плотины: длина по основанию 107 м, по горизонту 122 м, ширина 21,3—23,4 м, высота 7,5 м. При заводе производилась расковка меди в «доски».

⁴ Там же, фонд Воронцовых. 1316 570 № 146. Завод на р. Катаве в 20 верстах от впадения ее в р. Юрезань. Размеры плотины: длина по основанию 288 м, по горизонту 309 м, ширина 30 и 34 м, высота, 8,17 м.

Подобные плотинные схемы широко применялись и в других местах на Урале, как, например на Воткинском, Ижевском, Висимском и многих других заводах¹. Как свидетельствуют документы архивов, такие схемы расположения гидротехнических сооружений были тогда типичными и для других районов страны. Полностью

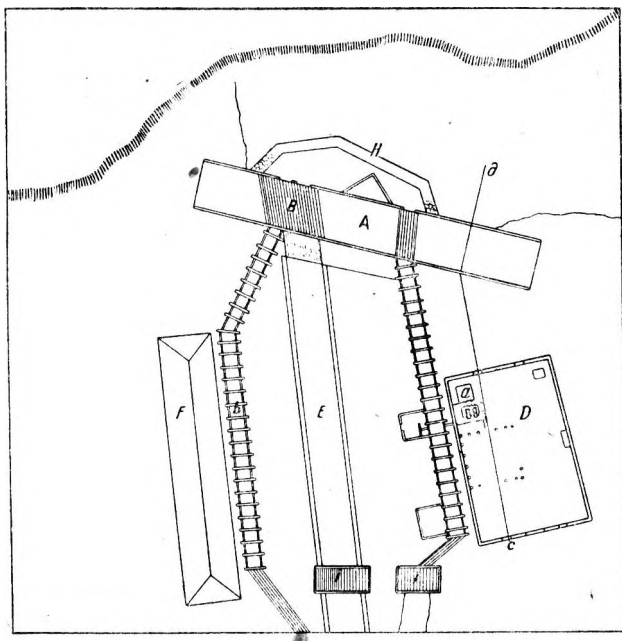


Рис. 17. Чернореченский завод в 1778 г. *A* — плотина; *B* — мост через прорез; *b* — лари; *D* — доменный амбар, в нем только литейный горн (*a*); *e* — сливной мост; *F* — амбар, где было отделение красной от пушечной меди; *H* — вешняный двор; *i* — мосты (ЦГВА, Л.).

подтверждают такое положение документальные данные и по очень мало изученным металлургическим заводам XVIII в., существовавшим на территории нынешней Ленинградской области. Из-за недостатка места ограничимся только одним типичным примером для данного района. Рис. 17 воспроизводит выкопировку из плана 1778 г. по Чернореченскому заводу², существовавшему тогда вблизи от Петербурга. В экспликации к чертежу значится, что плотина *A* была; построена «на ряжах с засыпкой земли». Вешняный прорез перекрывали обычные вешняные запоры с расположенным перед ними вешняным двором *H*. Избыточные воды сбрасывались по лотку *e*, разделяющему пополам территорию заводской площадки. Правый ларь *b* шел непосредственно от вешняного прореза, снаб-

¹ «Металлургические заводы на территории СССР с XVII в. до 1917 г.» Под ред. акад. М. А. Павлова, Ю. С. Гессена и В. А. Каменского, М.-Л., 1937, т. I, стр. 191, 207, 355 и др.

² Центральный государственный военный архив, фонд 3, дело № 1659.

жая водой колеса «амбара в коем... производимо было отделение красной от пушечной меди» *F.* Левый ларь, шедший от специального ларевого прореза, подавал воду к «доменному амбару» *D.*

Многие из заводов, построенные по аналогичным приведенным схемам, действовали в XIX в., а некоторые действуют и теперь¹.

Стремление обезопасить заводскую площадку от вод паводков вызвало перенос внешнего прореза возможно ближе к одному из концов плотины и возможно дальше от заводской площадки. Так поступили в 1763 г. строители Сузунского медеплавильного и мотетного завода, расположенного на р. Сузуне, правом притоке р. Оби (рис. 18)². На чертеже представлено положение заводских

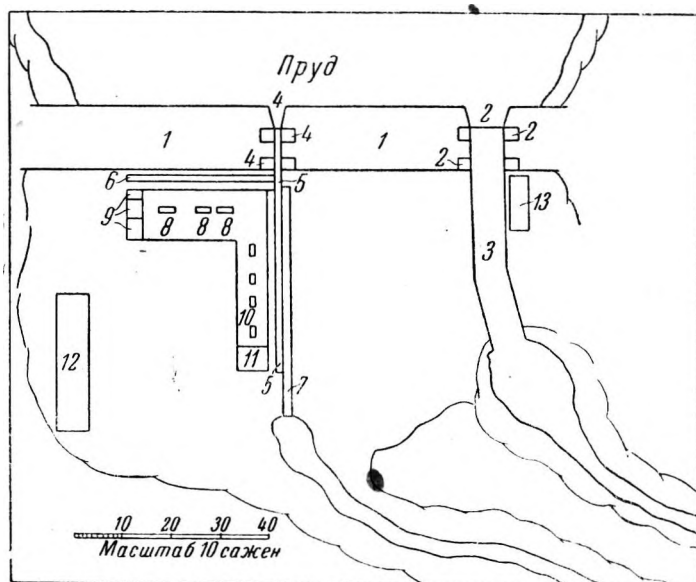


Рис. 18. Гидротехнические сооружения Нижесузунского завода в 1765 г. 1 — плотина; 2 — водоспуск и ряжи; 3 — сливной мост; 4 — ларевой прорез и ряжи; 5 — большой ларь; 6 — малый ларь к плавильной фабрике; 7 — канал для стока отработавшей воды; 8 — плавильная «фабрика»; 9 — сараи; 10 — гармахерская «фабрика»; 11 — мусерная толчая; 12 — обжигальные печи; 13 — пильная мельница (ЦГАНХ, Л.).

сооружений на 24 июня 1765 г., когда шла отстройка завода после июньского пожара. Плотина 1, внешний прорез 2, сливной мост 3, ларевой прорез 4 от пожара не пострадали. Завод отстроили по новому плану, оставив, однако, без изменений гидротехнические сооружения.

Чертежи 50—60 гг. XVIII в. свидетельствуют, что в то время при строительстве новых заводов стремление по возможности уда-

¹ Бизарский завод с 1740 по 1865 г., Бымовский с 1735—1736 гг. до начала XX в. и очень много других.

² Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., дело № 4, л. 48.

лить от заводской площадки сток сбрасываемых избыточных вод. было обычным явлением.

Зачастую устраивали два внешних прореза, из которых один был расположен вблизи от заводской площадки, а другой по возможности удален. Так был построен в 1758 г. на р. Ик близ Оренбурга Покровский медеплавильный завод¹ (рис. 19).

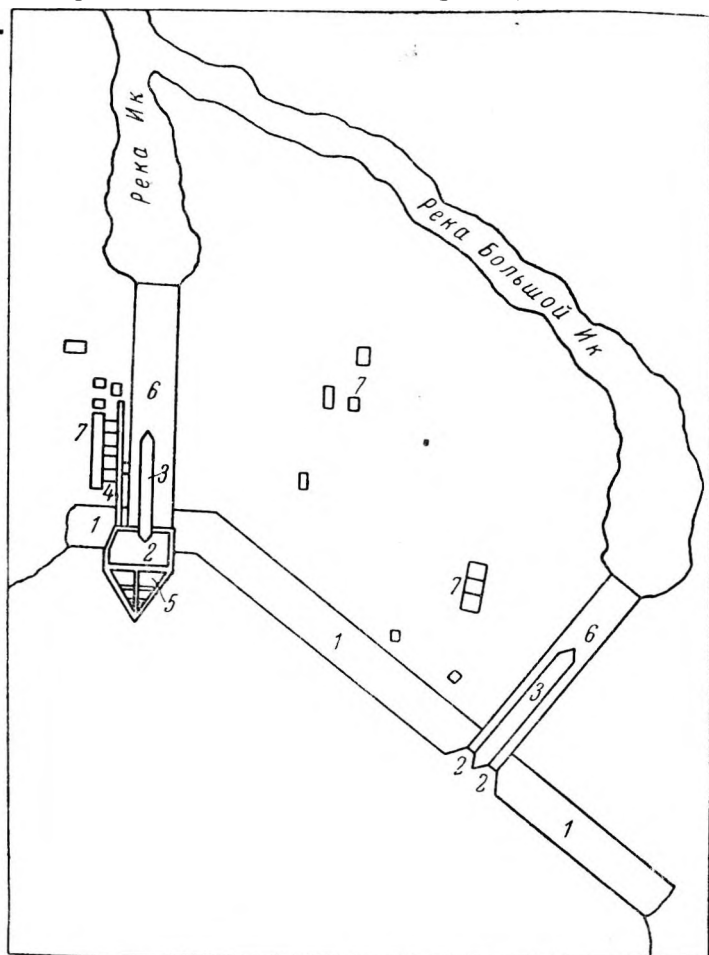


Рис. 19. Покровский медеплавильный завод на р. Ик возле Оренбурга в 60-е гг. XVIII в. 1 — плотина; 2 — двойные водоспуски; 3 — рязи в водоспусках; 4 — ларь; 5 — внешний двор; 6 — сливные мосты; 7 — заводские здания.

Водоспуски 2 имелись здесь как в левом конце плотины, возле заводских цехов-«фабрик», так и в правой части плотины, удаленной от собственно заводской площадки. При таком решении в момент большого подъема воды приходилось сбрасывать ее как в непосредственной близости от заводской площадки, так и в об-

¹ Архив Географического общества А. 37. Завод основан Шуваловым, впоследствии куплен Твердышевым и Мясниковым.

ход ее. Аналогичные схемы были применены на Нижнем Авзяно-Петровском, Баранчинском и некоторых других заводах.

Рис. 20, воспроизводящий часть чертежа Сузунского завода, составленного в 1798 г., показывает развитую плотинную схему гидротехнических сооружений¹. Весьма показательна данная схема при сопоставлении ее со схемой гидротехнических сооружений того же завода, рассмотренной ранее (рис. 18). За истекшие 32 года на заводе была создана весьма разветвленная сеть водораспределитель-

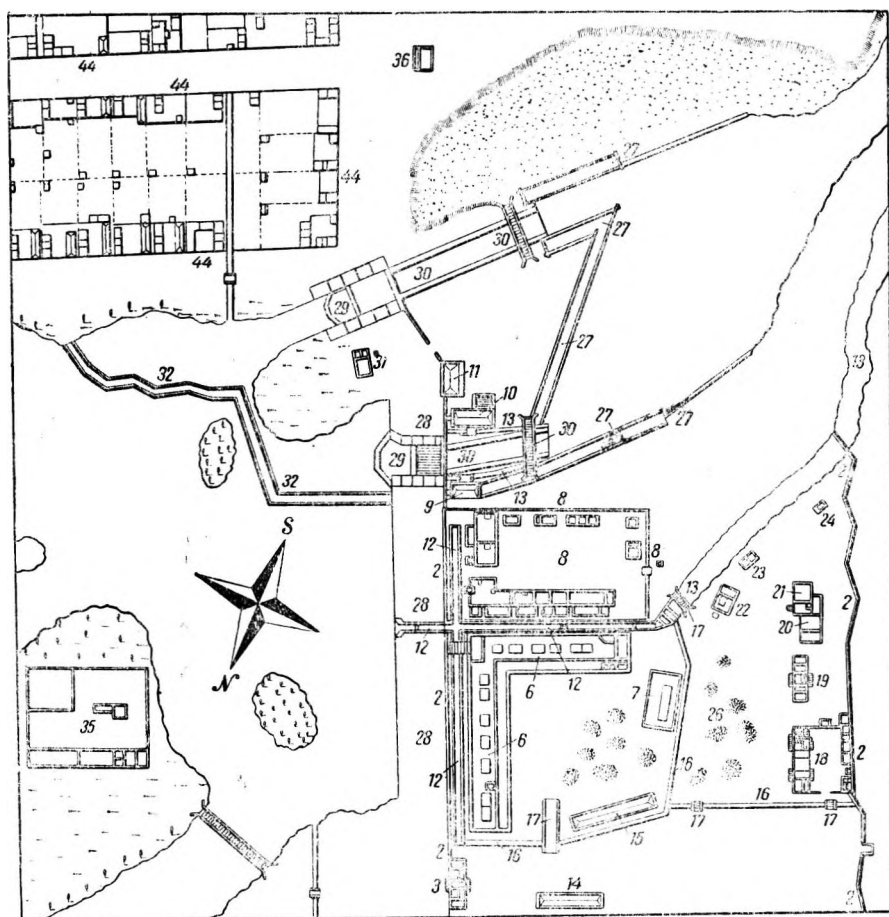


Рис. 20. Сузунский завод в 1798 г. 28 — плотина; 29 — водоспуски; 30 — сливные мосты; 27 — ряжи; 12 — «капитальный ларь»; 13 — «выводные ис-под колес каналы»; 16 — «каналы для стечения воды»; 32 — «мост на сваях для сдержания вешнего льду»; 2 — заплот, окружающий завод; 6 — «плавильная»; 7 — «калцирофенная фабрика»; 8 — монетный двор; 9 — мучная мельница; 10 — пильная мельница; 11 — сарай для досок; 14 — весы для приемки руд; 21 — меховая; 22 — кузница; 23 — салотопня (ЦГАНХ, Л.).

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд; Кабинет е. в., планы и чертежи, дело № 322.

тельных устройств. Главное изменение заключалось в создании по новой схеме сооружений для пропуска вод паводков. Изменились при этом очертания самой плотины. Левую часть плотины удлинили под тупым углом к старой плотине. Помимо сохранившегося старого прореза устроили в упомянутом продолжении плотины на левом ее фланге второй вешняной прорез. Вода через оба вешняных прореза поступала на сливные мосты. Для защиты вешняных прорезов от льда устроили большой «мост на сваях». Откосы водостока, общего для обоих сливных мостов, укрепили рьяжами.

Вода для действия колес через ларевой прорез в плотине поступала в так называемый капитальный ларь, подававший воду к ларям медеплавильных цехов и монетного двора. У среднего вешняка, по обеим сторонам сливного моста, расположили мукомольную и лесопильную мельницы.

Подобная перестройка гидротехнических сооружений, обеспечивающая сброс значительных количеств избыточных вод, была вызвана необходимостью борьбы с катастрофическими последствиями паводков.

Следует отметить, что во многих случаях подъем воды приходил не сверху, а снизу по течению. Происходило это из-за того, что заводы, сооруженные на малых реках, часто устраивали слишком близко от больших рек, притоками которых являлись обслуживающие заводы реки. Так было на Барнаульском заводе, где в 1785 г. после вскрытия и разлива р. Оби вода из Оби подошла снизу по р. Барнаулу к самой плотине¹. Обская вода размыла набитые глиной рьяжи у сливного моста и вешняного прореза. Начальник Колывановскресенских заводов Гавриил Качка рапортовал немедленно о случившемся в Кабинет, ведавший личной собственностью русских царей — алтайскими рудниками и заводами. Плотина была настолько разрушена водой с нижней стороны, что по мнению Качки «неминуемое крушение должно было ожидать (всей плотине)». Принятыми мерами удалось предотвратить опасность. С рудников и заводов собрали «сколько можно было» мастеровых, согнали толпу приписных крестьян. Под руководством Ивана Черницына работали день и ночь, пока не удалось привести «плотину в безопасное состояние».

В 1796 г. повторилось подтапливание Барнаульского завода водой из р. Оби². 16 мая 1796 г. Качка (рапортовал в Кабинет, что половодье на заводских речках прошло благополучно и с этой стороны заводы и их гидротехнические сооружения вне опасности. Но со стороны р. Оби по р. Барнаулу поднималась вода, которой, как писал Качка, на 16 мая: «поднялось на 5 аршин и 5¹/₂ вершков (3,8 м) и заняла водоведомые от действия машин каналы. А потому водяных махин колеса во оной (воде — В. Д.) на 2 аршина 4 вершка бродят».

Рапорт Качки свидетельствовал далее, что до «почвы лавиленной фабрики от воды остается только на 6¹/₂ вершков» (0,27 м).

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в. Опись 315/476, дело № 376.

² Там же, дело № 433, л. 1.

Кроме того, самые водяные колеса завода были подтоплены пришедшей снизу обской водой на 1,6 м (2 аршина 4 вершка).

При таких условиях водяные колеса, конечно, не могли действовать. Работа воздуходушных мехов остановилась; от сырости в печах образовались большие настыли. Однако самые гидротехнические сооружения при рассматриваемом низовом наводке не пострадали. Возможно, что последнее обстоятельство в значительной мере определялось мерами, принятыми после предшествующих низовых и верховых паводков, и особенно после катастрофического паводка 1793 г.

6 мая 1793 г. начальник Кольвановоскресенских заводов Гавриил Качка отправил рапорт в Кабинет. Качка сообщал, что и в прошлые годы Барнаульский завод подвергался угрозе разрушения от наводнений в вешнее время, что требовало «распоряжений и стараний к отвращению неприятных последствий оного»¹.

Новый вешний паводок оказался исключительно сильным: «никогда до нынешнего года столь страшно не было» наводнение благодаря исключительным обстоятельствам 1793 г.

После обильных снегопадов морозная погода резко сменилась сильной оттепелью. Еще 24 апреля мороз достигал -9° по Реомюру. С 1 мая пошли проливные грозовые дожди. «С 26 апреля от начавшихся денных оттепелей, вода, скопляющаяся с высот, удерживаясь в лощинах, готова была при самом малейшем поводе пролить целые реки, чему и способствовал шедшей к вечеру 1 мая сильной и молнией провождаемой дождь». Рис. 21 воспроизводит: «Чертеж, представляющей 3-го мая последовавшее в Барнаульском заводе наводнение»².

Со 2 на 3 мая в 2 часа пополудни начался подъем воды в Барнаульском пруду. К 7 час. утра вода поднялась на 3,3 м. Так как почти вся вода из заводского пруда была спущена зимой для действия водяных колес, заводский пруд промерз до дна. Прибывающая вода отрывала лед вместе с примерзшей к нему на 0,5—0,6 м землей. Не вмещаясь в вешняный прорез, вода выступила из берегов и прорвалась у левого края плотины к дому, занимаемому «правителем» Кольванского наместничества. Пройдя дом наместника, вода хлынула в район Госпитальной улицы и стекала затем обратно в р. Барнаул ниже заводской площадки. Зона первоначального затопления обозначена на рис. 21 (см. вклейку стр. 112—113) пунктиром с литерой *A*. Литерой *B* обозначен канал, по которому хотели направить воды паводка в обход заводской площадки. Пунктир с двумя точками и литерой *C* — зоны наибольшего затопления. Такой же пунктир с литерой *D* ограничивает место затопления в результате прорыва воды у *P* — *Q*, после чего плотина осталась в стороне от паводка, так как вся вода устремилась по образовавшейся промоине. Линиями с литерой *E* обозначены размывы, произведенные водой

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в. Опись 315/476, дело № 419, лл. 1—2. Новосибирский архив, фонд № 969, дело № 2, лл. 61—63.

² Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в. Опись 315/476, дело № 419, л. 5.

в плотине, на заводской площадке и на прилегающей к ней территории.

Качка последовательно описывал в рапорте события. Чтобы не дать воде прорваться на Петропавловскую улицу и в сторону заводской площадки, на участке *P—Q* наваливали бревна и навоз. Но в 9 чао. утра, когда подъем составлял 3,6 м, вода прорвалась к Петропавловской улице и, пройдя между гауптвахтой и каменной кладовой «стремление свое обратила на завод». Вся заводская территория была затоплена: серебро- и медеплавильные цехи, заводской двор, руды, уголь и другие «плавленные произведения» были залиты (С). На всей территории завода воды было не менее чем на 2 м. Прибывая с часу на час, вода стала прерывать рытвину в песчаном груше. Вскоре в обход левого края плотины образовалась промоина глубиной от 4,3 до 7,5 м при ширине от 53 до 64 м.

Начали обрушиваться разрушаемые водой каменные здания. С 9 час. утра стали разрушаться дом наместника и каменная кладовая, в которой хранились заводская и губернская казна, библиотека, шуфной и физический кабинеты. Вслед за ними стали разрушаться гауптвахта с тюрьмой, здание Горной экспедиции, наместническое правление, каменный магазин, «пробирная камора»— лаборатория. Документ говорит об этих зданиях — «все разрушило и унесло». Вслед за ними начали разрушаться: заводская контора с училищем и припасные магазины. Самый характер всех перечисленных зданий свидетельствует, что прорыв в обход плотины произошел в совершенно неожиданном месте.

С 5 мая, когда вода начала убывать, весь паводок устремился во вновь образованный проток, оставив на сухом вешняной прорез и подмывая левый конец плотины. В момент составления рапорта Качки, 6 мая, усиленно велись работы по предохранению сооружений от паводка в месте прорыва у левого конца плотины: забивали сваи, загружали фашинником, засыпали глиной, землей, навозом. Плавильные «фабрики»-цехи и плотину удалось отстоять.

«Письменные дела экспедиции и архив большею частью спасены, також и вся денежная заводская казна и выплавленное серебро сохранено» — доносил Качка.

Одновременно с катастрофой в Барнауле произошло аналогичное несчастье на Павловском заводе, расположенном вблизи от устья р. Оби на ее левом притоке р. Касмале, впадающем в р. Обь севернее р. Барнаула и города того же названия,

3 мая 1793 г. прибыл в Барнаул к Качке гонец—берггешворен Гуляев, привезший рапорт, составленный в тот же день управляющим Павловским заводом Николаем Плодовым. Плодов сообщал: «о плачевном нынешнем состоянии завода, которому чрезвычайная вешняя вода уже довольно навела невозвратимого убытка и похищения»¹. Он утверждал, что, если еще вода не только прибывать, а убывать не начнет, то «завода всего принуждены будем лишиться»².

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., Опись 315/476, дело № 419, л. 3.

² Там же, дело № 419, л. 11.

Рис. 22 воспроизводит: «Чертеж, представляющий плотины и плавильной двор Павловского завода, на котором и означено в воследовавшее наводнение мая 2-го дня 1793 года».

Литерой *A* обозначены промоины, сделанные водой в то время, когда она выступала из берегов. Литерой *B* показано место про-

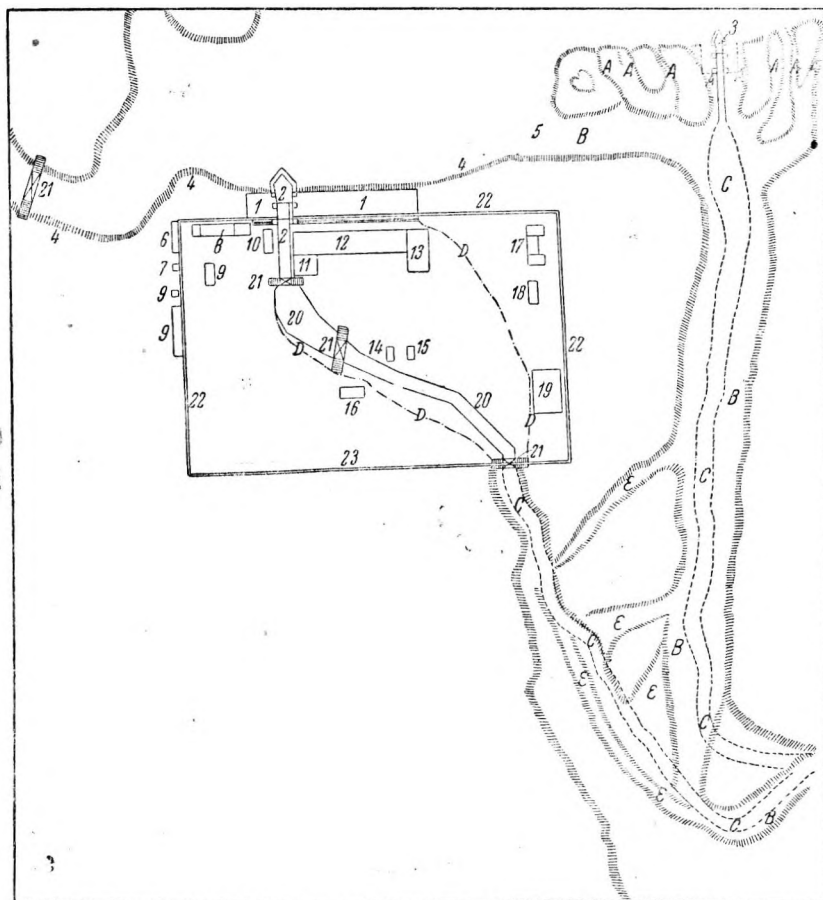


Рис. 22. План Павловского завода со схемой паводка 1793 г. 1 — плотина; 2 — водоспуск и сливной мост; 3 — малый водоспуск в «натуральном» берегу; 4 — берег пруда «матершиной»; 5 — место прорыва воды; 6 — контора; 7 — каменная кладовая; 8 — меховая; 9 — магазины; 10 — пильная мельница; 11 — трейбофенная; 12 — плавильная; 13 — обжигальная; 14 — кузница; 15 — пеплопромывальная; 16 — весы; 17 — лазарет; 18 — лаборатория; 19 — конюшня; 20 — сливной канал с ряжами; 21 — мосты; 22 — заводская ограда (литеры и пунктиры объяснены в тексте) (ЦГАНХ, Л.).

рыва воды, образовавшей очень большую промоину. Русло, по которому стекала обычно вода от прорезов, указано пунктиром и литерой *C*. Заводская территория, которая была затоплена водой, дана пунктиром с точкой и литерой *D*. Литерами *E* отмечены промоины, образовавшиеся ниже заводской площадки.

Во время составления рапорта Плохова, т. е. 3 мая, сливной мост при главном прорезе был весь «поврежден и изорван». С часу на час ожидали полного разрушения его. Сливной мост при малом прорезе был снесен полностью. В прорезах шла вода на 2,4 м, хотя, конечно, все «ставни» (затворы) и даже часть стоек были вынуты из вешняка. Заводские здания были затоплены: «подтопило все». Воздуходувные межи подняли на «полати», но и там они плавали. Шихтплады, где заготавливали шихту, были залиты. Вода во многих местах шла через плотину «с великим стремлением». Вода прорвалась, образовав промоину глубиной до 5,3 при ширине от 53 до 96 м (В). Все пространство между основной плотиной и вспомогательной (где вешняный прорез — 3) было залито.

Управляющий Павловским заводом заканчивал свой рапорт: «ежеминутно ожидаю всему совершенного падения».

На следующий день, 4 мая, Плохое сообщил с нарочным Качке, что о судьбе завода нельзя сказать «ничего еще верного». Хотя завод по словам Плохова находился в том же положении, в действительности, дело явно шло к улучшению. Новых повреждений не было и вода быстро убывала. В прорезах вода шла уже только на 1,2 м, т. е. ровно вдвое ниже, чем в предыдущий день. Но р. Касмал, подмывая песчаные берега и пройдя между плотинами, проложила себе новое русло глубиной 4,2—6,4 м при ширине в 64 м и более. Завод и его плотины обсохли. Предстояло запруживать новое русло (В).

Не успела начать проходить одна беда, начиналась вторая. 8 мая «от чрезвычайного разлития Оби» подтопило снизу Барнаульский завод (там же, л. 9). Часть рудных куч и угля, сливной мост были залиты теперь низовым паводком. Передние стены плавильных цехов стояли в воде, поднявшейся из р. Оби. Цехи были еще раньше занесены на 1—1,5 м песком, принесенным во время подъема р. Барнаула. Кожухи водяных колес совсем забило песком. Учесть потери угля и руд было невозможно из-за продолжающегося общего наводнения. Но все же самые плавильные печи и обслуживающие их механические агрегаты уцелели.

Срочно принимались меры к очистке цехов от песка, заделке промоин. К преграждению промоины, по которой пошла р. Барнаул в обход плотины, приступили после спада обской воды.

На Павловском заводе к этому времени вода уже спала, «фабрики»-цехи обсыхали, подчинялись сливные мосты, шла подготовка к запруживанию нового русла р. Касмала.

20 мая Качка сообщил в Кабинет, что новых разрушений на Барнаульском и Павловском заводах нет. Но в полной мере приступить к ликвидации последствий катастрофы было невозможно из-за «продолжающегося большеводия и разлития реки Оби» (там же, л. 12).

3 июня Качка отправил новый рапорт в Кабинет, сообщая, что в Барнауле обская вода, которая стояла на 4,5 ж, соединившись «чрез сделавшейся проток с прудовою водою», мало-помалу начала спадать. На 3 июня обская вода спала более чем на 1 м и стояла на 3,4 м.

Шла заготовка ржаей, частично устанавливаемых по краям про-
моины и засыпаемых глиной с забивкой шпунтовыми сваями с верх-

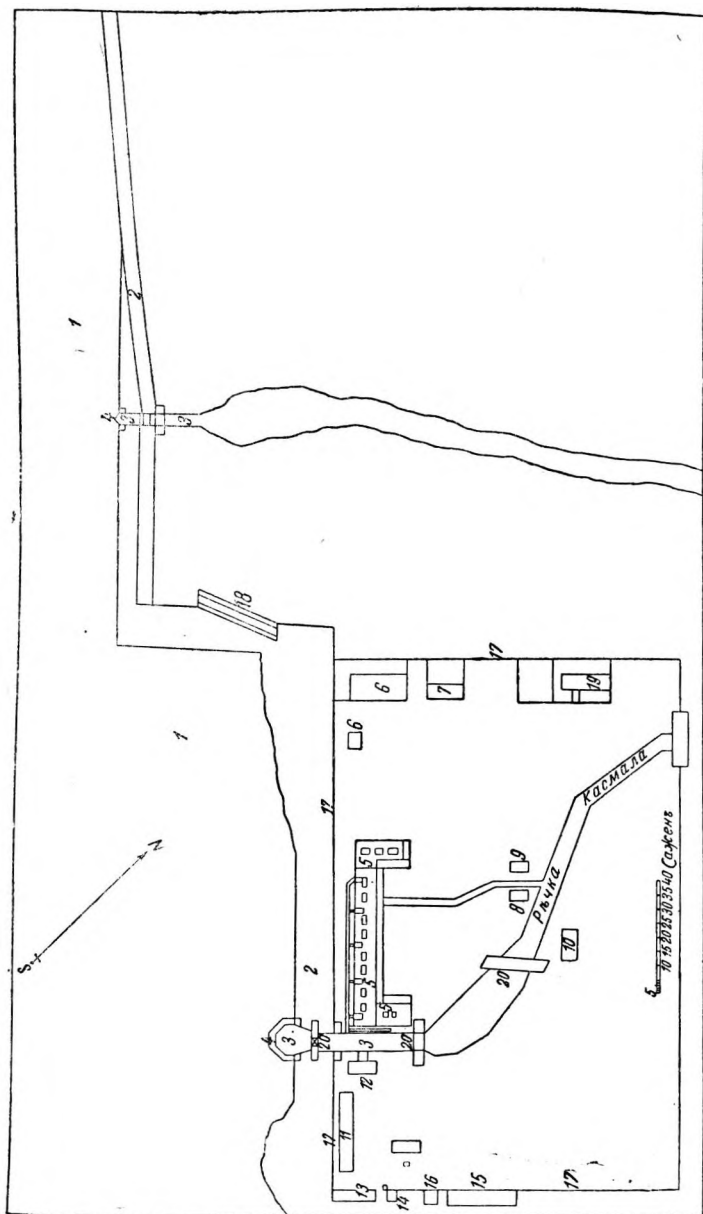


Рис. 23. Павловский завод в 90-е гг. XVIII в. 1 — часть пруда; 2 — плотина; 3 — водоступки и сливные мосты; 4 — внешние дворы; 5 — плавильная фабрика; 6 — лазарет; 7 — лаборатория; 8 — кузница; 9 — салотопня; 10 — весы; 11 — меховая; 12 — пыльная мельница; 13 — контора с гауптвахтой; 14 — «денежная ар- хива»; 15 — магазины заводские; 16 — амбар; 17 — заплот вокруг завода; 18 — кирпичный сарай; 19 — ко- нюшня; 20 — мосты (ЦГАНХ, Л.).

ней (прудовой) стороны. Для подвоза глины Качка приказал вытре-
бовать 1 000 приписных крестьян на Барнаульский и 500 на Павлов-
ский заводы (там же, л. 13).

На Павловском заводе для запруживания нового русла р. Касмала решили ограничиться более простыми мероприятиями, чем в Барнауле. Постановили забить в новое русло ряд шпунтовых свай. Отступая от них (вниз по течению) примерно на 6,5 м, решили забить простые сваи, на расстоянии одна от другой, соответствующем крепости грунта. Шпунтовые и простые сваи должно было соединить брусьями. Затем следовало забить глиной пространство между верхним и нижним рядами свай.

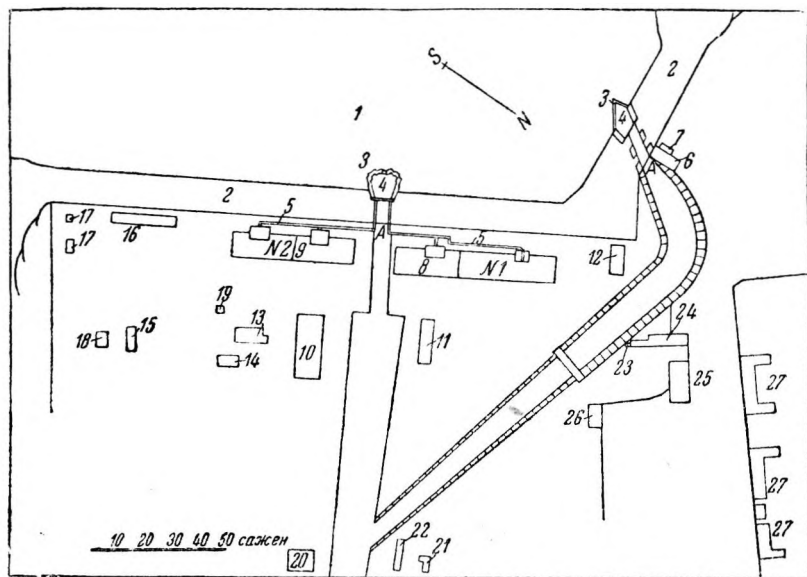


Рис. 24. Барнаульский завод в конце XVIII в. 1 — часть пруда; 2 — плотина; 3 — вешняные двory от льда; 4 — два водоспуска и при них сливные мосты; 5 — лари; 6 — пыльная мельница; 7 — мучная мельница; 8 — плавильная фабрика № 1; 9 — плавильная фабрика № 2; 10 — обжигальная; 11 — кузница; 12 — лаборатория; 13 — важня; 14 — меховая; 15 — плотничная; 16 — сарай для артиллерийских принадлежностей; 17 — пороховой погреб; 18 — сарай для «теса и прочих деревянных припасов для машинного устройства»; 19 — сарай для проб руд; 20 — конюшня; 21 — салотопня; 22 — пеплопромывальня; 23 — сарай для пожарных машин; 24 — гауптвахта; 25 — канцелярия горного начальства; 26 — провиантские и приписные магазины; 27 — часть казенного домового строения (ЦГАНХ, Л.).

21 июня удалось пустить в действие Павловский завод, а 4 июля пустили в действие 20 рудоплавильных печей, 3 трейб-офена и 3 извлекательных горна на Барнаульском заводе (там же, л. 14).

Горький опыт хорошо учли, как о том свидетельствуют документы. После временных исправлений гидротехнические сооружения и Павловского и Барнаульского заводов перестроили.

«План фабричному строению Павловского завода», составленный на рубеже XVIII и XIX вв. (рис. 23), показывает, что здесь перестройка свелась к сооружению плотины по всему угрожае-

тому фронту¹. Особенно мощную часть плотины соорудили в том месте, где был прорыв. Общее протяжение плотины достигло около 1 120 м.

План Барнаульского завода, составленный также на рубеже XVIII и XIX вв., свидетельствует, что здесь применили решение, аналогичное данному для Павловского завода² (рис. 24). Левый фланг плотины весьма значительно усилили, соорудив примерно на 150 м от конца старой новую часть плотины под углом к старой. Наиболее мощную часть плотины устроили на самом углу. Общее протяжение плотины составило около 640 м.

Помимо старого водоспуска в центральной части плотины устроили в новой части плотины второй водоспуск. Судя по чертежам и описанию наводнения, данному Качкой, для спуска воды из нового вешняка использовали естественную рытвину, образованную паводком 1793 г. Конечно, при этом выпрямили и усиленно укрепили берега нового водостока. Новый второй водоспуск предназначали для главного сброса воды во время паводков. При нем устроили только пильную и мукомольную мельницу 6 и 7. Плавильные фабрики 8 и 9 оставили на старом месте, по обе стороны вешняного протока.

На рубеже XVIII и XIX вв. были перестроены после разрушительного паводка гидротехнические сооружения Александровского завода в Петрозаводске. Данный завод для производства пушек и ядер был построен в 1773—1774 гг. на р. Лососинке, примерно на 1 км выше ранее существовавшего здесь Петровского завода³.

Гидротехнические сооружения выполнили по проекту начальника завода Ярцева по обычной плотинной схеме. Как свидетельствует Герман, плотина была «с самого начала... построена обыкновенным образом так, как построение плотин почти при всех заводах в Сибири происходит». Понизу ширина плотины составляла 42,7 м, -поверху 32 м, высота от основания 15,5 м, длина 385 м. Посредине плотины устроили вешняный прорез шириной в 10,6 м. В прорезе было установлено восемь запоров для выпуска воды на сливной мост. Из того же прореза забирали двумя ларями воду для зав-ода. Правый ларь подавал воду к водяным колесам молотовых «фабрик», левый — к водяным колесам доменных воздуходувных мехов и сверлильных станок «свиреленного цеха».

В таком виде плотина существовала до перестройки завода «по карронской методе» Гаскойном в 1788 г.

Для регулировки водостока—«для накопления воды в запасе»—были устроены Ярцевым две маленькие плотины, примерно на 20 км выше основной заводской плотины. Первую плотинку построили на

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи. Опись 44/1130, дело № 342.

² Там же, дело № 309.

³ Завод располагал собственными доменными и железодельными цехами. «Описание Петрозаводского и Кончезерского заводов и производимого при оных литья пушек и снарядов, сочиненное Гос. Берг-Коллегии членом д. с. с. Иванам Германом», СПб, 1803, стр. 2. Далее использованы материалы по обоим заводам из труда акад. Германа без особых ссылок.

Маш-озере, а вторую «на Лососинке. Каждая из плотин была высотой около 5,2 м при ширине порядка 4,8 м.

В 1786 г. приехал в Петрозаводск с Карронских заводов Шотландии Гаскойн, приглашенный для руководства олонекскими заводами. В 1788 г. Гаскойн пушил Кончезерский завод и отлил первые пушки на Александровском заводе, перестроенном им же «в исходе 1788 г.» по образцу одного из самых лучших заводов Англии.

Как «великое новшество» произвели переделку плотины по «карронской методе». Заложили наглухо водоспуск в средней части плотины, устроив новый прорез у правого конца ее. Новый прорез по ширине был равен старому (10,6 м), но по высоте имел только лишь 1,5 м (2 аршина 2 вершка по Герману). Прорез устроили без запоров для того, чтобы «лишняя для действия вода стекать могла».

Для подачи воды к колесам был «проведен через плотину» деревянный ларь высотой 0,89 м и такой же ширины. При высоком уровне воды в пруду («в полноводие») напор в ларе составлял 1,8 м.

Данные о перестройке, произведенной Гаскойном, исключительно важны. Гаскойн, изобретатель знаменитых пушек—«карронад», строитель и выдающийся знаток передовых английских заводов, очень хорошо знал лучшие достижения английской и вообще западно-европейской практики того времени. Вместе с Гаскойном прибыло 12 английских «художников», как называли тогда английских специалистов-техников. В их числе были лица, хорошо знакомые с постройкой в Англии заводских гидротехнических сооружений. Следовательно, Гаскойн при перестройке плотины Александровского завода исходил из передовой зарубежной для России техники. Тем самым сопоставление техники, примененной при перестройке плотины Александровского завода, и техники, выработанной русскими строителями, плотин, имеет определяющее значение для оценки того места, которое принадлежит русским гидротехникам в мировой практике XVIII в.

Проведенные Гаскойном мероприятия сводились к следующему:

1. Отказ от вешняного прореза (водоспуска) в средней части плотины.
2. Устройство только одного вешняного прореза (водослива) у одного из концов плотины.
3. Устройство свободного вешняного прореза с очень высоким порогом для беспрепятственного свободного сливания избыточной воды.

Во втором и третьем мероприятиях, примененных как карронские «новинки», для России абсолютно ничего не было нового. А первое из перечисленных мероприятий противоречило русской практике. Вся постройка поставила плотину под угрозу катастрофы, что легко можно доказать.

Английская «новинка» — устройство вешняного прореза у одного из концов плотины — много десятков раз практиковалась русскими гидротехниками за 70—80 лет до приезда Гаскойна, о чем свидетельствуют упоминавшиеся нами плотины Каменского (1700—1701 гг.), Укусского (1702—1704 гг.), Полевского (1724—1725 гг.),

Елизаветского (1722—1725 г.), Бынговского (1718 г.), Верхнеисетского (1726 г.) и многих других заводов.

Вторая заморская «новинка» — устройство открытого вешняного прореза с высоким порогом (водослив) — применялась в России за полстолетие до приезда Гаскойна. По идее такая плотика приближалась к глухой водосливной, но со сливом, однако, не через весь гребень, что было невозможным, а только через вешняный прорез, который стремились устроить возможно более широким. В гл. VII, рассматривающей технику сооружения плотин, дано детальное описание с чертежами плотины Каменского завода, которая считалась в России «новоманерной» еще в 1735 г. (рис. 42 и 43). На этой плотине с высоколежащим порогом вешняный прорез не имел заповор и был очень широк (23,5 м), т. е. более чем вдвое шире прореза, сооруженного Гаскойном. То, что Гаскойн вводил в данном случае как «новинку» для России, было давным давно известным и, что играет решающую роль, отвергнутым в тех условиях русской практикой. От вешняных высоких порогов и широких свободных прорезов, подобных примененному на Каменском заводе, в России отказались за много десятков лет до «новаторства» Гаскойна. Отказ был обусловлен по нашему мнению следующим обстоятельством.

При значительном подъеме порога плотины возрастало количество постоянно находящейся в пруду воды. Подготовка к встрече паводка путем спуска большого количества воды из заводского труда, как это обычно практиковалось, была невозможной (высокий порог),

Герман совершенно точно указывает, что после перестройки по «карронской методе» у плотины Александровского завода: «оставалось всегда мертвой воды в пруде на 16 футов» (4,9 м). В результате при высоком вешняном пороге заводский пруд не принимал в себя значительную часть паводка, а только пропускал его через вешняк и, вода, конечно, не могла успеть стекать через один, хотя и широкий, прорез. Таким образом отвергнутое русской практикой «новшество» Гаскойна сразу же поставило плотину под угрозу разрушения первым сильным паводком.

Еще более усугубляло положение то, что Гаскойн приказал закрыть наглухо («заложить») средний вешняный прорез. Это было грубейшей ошибкой. Русские строители плотин еще за 30 лет до Гаскойна начали применять устройство не одного, а двух вешняных прорезов (Сузунский, Павловский, Покровский заводы), учитывая возможность чрезмерно больших паводков. Не знал об этом Гаскойн или просто не считал нужным считаться с опытом русских гидротехников, мы не знаем, да и не в этом суть дела.

Вмешательство английских техников создало все условия для катастрофы при ближайшем большом паводке, наступившем через несколько лет. Этой катастрофы, вероятно, не было бы, если бы Гаскойн оставил плотину Александровского завода в том виде, как ее соорудил Ярцев за 15 лет до приезда Гаскойна.

В 1800 г. разразилась катастрофа: «...15 числа прошедшего Августа месяца нынешнего года,— писал Герман в 1800 г.— сделалось

наводнение, по причине бывшего здесь весьма дождливого летнего времени и продолжавшегося непрерывно дождя трои сутки».

Вода, не успевая пройти через прорез, начала резко подниматься, угрожая перелиться через плотину. Для того чтобы спасти завод, расположенный ниже плотины, прорыли обходный канал у левого конца плотины: «другого средства не осталось, кроме как прорыть отводной на левом боку канал, чем и зделана великая рывтина».

Чтобы избежать впредь «такого несчастного случая» и вместе с тем «для отвращения весьма знатных расходов» на исправление старой плотины, приняли решение построить на р. Лососинке две небольшие плотины. Первую из них с подпором $6\frac{1}{2}$ футов (1,98 м) запроектировали примерно на $\frac{3}{4}$ км выше старой плотины с тем, чтобы вода от первой плотинки подавалась деревянным ларем для всех четырех доменных печей. Вторую «небольшую плотинку» с подпором $3\frac{1}{2}$ фута (1,07 м), решили соорудить у левого конца старой плотины, полуразрушенной паводком 15 августа¹. Для подачи воды от второй «небольшой плотинки» решили «прокопать канал сквозь прежнюю плотину». Вторая плотинка должна была подавать воду по упомянутому каналу «для свиреленной, точильной и прочих нижних машин». Предложения были одобрены Берг-Коллегией. Особым указом «велено к постройке реченных плотин приступить, что и учинено и в скором времени кончено быть имеет».

После окончания работ по перестройке гидротехнических сооружений Александровского завода использование водных сил осуществлялось здесь по следующей схеме². На истоках озер Лососинского, Маш-озера и Гурбич, расположенных на 19—25 км выше завода, находились три запруды, поднимавшие уровень воды в озерах на 1,8—2,7 м. Так был создан регулятор на случай паводков, а также для обеспечения постоянного действия заводских водяных колес. По подсчетам В. Рожкова в озерах накапливалось до 73 млн. м² воды: «при постоянном питании в течении лета от побочных ключей и речек». При расходе 2,8 м³ сек воды хватало для действия колес на весь «десятимесячный заводский год». Вода из регулятора направлялась по речке Лососинке к заводу. Деревянный ларь, проведенный от первой на р. Лососинке плотины на протяжении 660 м к заводу, подавал для действия трех наливных колес около 1 м³/сек. Остальная часть воды (около 1,8 м³/сек) переливалась через порог первой плотины и скоплялась у второй плотины, поступая затем по каналу на завод для действия пяти подливных колес. Кроме того, для действия последних использовали поступающую по особому каналу воду, отработавшую на трех верхних колесах. Три верхние колеса действовали при напоре 7,3 м, а пять нижних колес при напоре 4,0 м. Общая мощность всех восьми колес составляла около 164 л. с.

Постройка второго Олонецкого завода была закончена в 1788 г. по своеобразной схеме. Как писал Герман в 1800 г., при этом заводе

¹ И. Герман, Ук. соч., стр. 28.

² В. Рожков, Сведения о рабочей воде для действия Александровского пушечно-литейного завода в Петрозаводске, «Горный журнал», 1864, ч. III, стр. 111—112.

подобной плотины, как при (Александровском заводе, не имелось. Небольшой плотинной здесь было подперто озеро Портноволокское, между которым и Кончезерским был построен завод (рис. 25). По данным, приведенным Германом, плотина имела следующие размеры: длина понизу 7,5 м ($3\frac{1}{2}$ саж.); ширина как понизу, так и поверху 6,9 м ($3\frac{1}{4}$ саж.); в прорезе «в полноводье» вода стояла на 0,35 м ($\frac{1}{2}$ аршина). По чертежу длина плотины поверху около 32 м (15 саж.). Вода из озера Портноволокского была пущена в деревянный ларь, подававший воду к колесам, приводившим в действие цилиндриче-

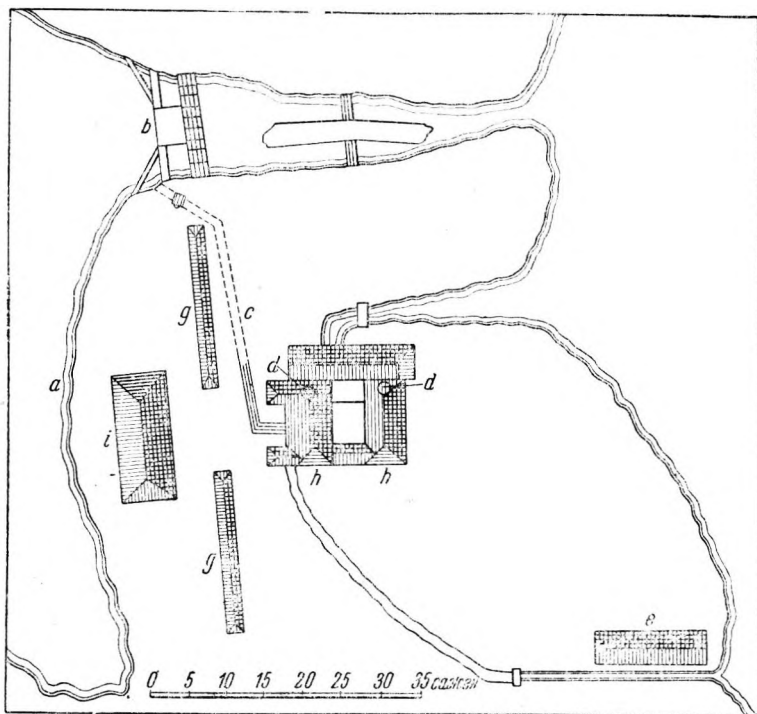


Рис. 25. Схема Кончезерского завода в конце XVIII в. *a* — пруд; *b* — плотина с каналом *c*; *d* — домны; *e* — «фурмовая горница»; *g* — «рудаыне сараы»; *i* — дом надзирателя; *h* — («магазейны») склады при доменном корпусе (по Герману).

ские воздуходуховки у доменных печей. «Сей ларь,— писал Герман,— покрыт тесом, и на двух местах имеет так называемые душники с запорами, над коими построены каменные избушки с печами для растаивания льду в зимнее время» (И. Герман, Ук. соч. стр. 28—29).

Отопление ларя — крайне неэкономичное «новшество», которое мы пока не встречали ни на одном из сотен изученных нами планов русских заводов XVIII в. На Урале, в Сибири подавали воду от плотины к заводу ларями на большие расстояния, чем на Кончезерском заводе, обходясь без «каменных избушек с печами для растаивания льду». Не внося решительно ничего нового в практику гидро-

энергетики, на Кончезерском заводе заметили специальные постройки, да, еще вдобавок требующие расхода топлива, тогда как русские строители, в еще более суровых условиях сибирской зимы, обходились без подобных дорогих надстроек над ларями.

Вполне понятно, что Герман, описывая олонечские заводы, ничего не говорит об ошибках своего современника Гаскойна в части гидротехнических сооружений. Но, к сожалению, современный исследователь истории Александровского (ныне Онежского) завода не только не замечает упомянутых ошибок Гаскойна, а утверждает, что до катастрофического паводка: «Гаскойн фактически перестроил завод, но системы главной действующей силы завода — водяное снабжение — он не переделал, и это едва не привело к гибельным результатам для завода»¹. Тем самым создается впечатление, как будто строитель заводских гидротехнических сооружений Ярцев выполнил их так, что поставил под угрозу разрушения завод. Никак не Ярцев, а Гаскойн своей неудачной перестройкой плотины повинен в таком положении.

Гаскойн игнорировал и русские климатические условия и практику русских гидроэнергетиков, отражавшую эти условия.

В то же время Гаскойн очень хорошо наладил самую металлургическую часть завода и производство пушек и ядер, выпуская отличные пушки, устраивая удачно механические агрегаты. В этой части Гаскойн оказался на должной высоте, хотя, как указывалось в гл. III, английская наука стоила России очень дорого.

Обобщая сказанное о развитии плотинных гидросиловых установок в России во второй половине XVIII в., приходим к следующим выводам:

1. Плотинные установки достигли значительного развития, направленного прежде всего в сторону обеспечения пропуска максимальных расходов.

2. Русские гидротехники хорошо учитывали последствия сильных паводков, делая должные выводы и применяя их на практике.

3. При постройке новых плотинных гидросиловых установок в это время в русской практике возникло стремление по возможности удалить внешняяй спуск избыточных вод от заводской площадки.

4. Очень большое распространение получает применение двух вешняных прорезов.

5. Значительно усиливаются плотины и продолжают по всей пойме, охватывая места возможных прорывов воды (Павловский, Барнаульский заводы).

6. Попытки механического использования западно-европейского опыта в области гидроэнергетики влекли за собой жестокую расплату.

Приведенные исторические материалы, нам представляются, имеют не только исторический интерес, а позволяют сделать и некоторые практические выводы.

В 1939 г. нам пришлось наблюдать в Барнауле следующую картину. Тело плотины, созданной двести лет тому назад, в общем

¹ С. Левинова, История Онежского (б. Александровского) завода, вып. I, Петрозаводск, 1938, стр. 40—41.

сохранилось¹, но на месте заводского пруда было только сильно заболоченное пространство. Пруд, оказалось, был недавно спущен по чьему-то распоряжению². Воды р. Барнаула стремительно пронеслись через прорез. От второго прореза (устроенного после катастрофического паводка 1793 г.) не осталось и следа. Последние работы по ликвидации этого второго прореза, существовавшего в XIX в, были завершены чуть ли не в 1938 г. Невольно мы попытались представить себе, что сможет произойти, когда повторится катастрофический паводок; а ведь он может и должен когда-то повториться. Нам вспомнилась картина паводка 1793 г. Но ведь не только в Барнауле можно установить аналогичное положение. Во многих подобных случаях забывали о назначении данным давно созданных вспомогательных устройств, предназначенных для защиты на случай особо катастрофических паводков, повторяющихся, быть может, один раз в столетие. Разрушались и ликвидировались за «ненужностью» такие сооружения. Такое недопустимое положение можно и должно ликвидировать, хотя бы исходя из декрета Совета Народных Комиссаров РСФСР от 15 августа 1931 г. (№ 876) «Об использовании материалов архивных органов РСФСР».

Второе, не менее важное, обстоятельство заключается в бессмысленном сбросе впусную водной энергии у старых плотин.

Судя по плану 1769 г., у Барнаульской плотины работало 18 водяных колес; в дальнейшем мощность заводской гидросиловой установки значительно возросла. Во всяком случае здесь использовалось несколько сотен лошадиных сил в прошлом и ничего не использовалось в 1938 г. Характерно также следующее: в поисках точных данных о расходах р. Барнаула мы обратились к специальной монографии о белом угле на Алтае, опубликованной Академией наук СССР³. Оказалось, что ни р. Барнаул, ни р. Касмал, ни р. Сузун «не относятся» к источникам энергетических ресурсов Алтая. Если такое отношение могло встретиться, к сожалению, в недалеком прошлом, то теперь должно быть навсегда покончено с ним.

¹ Барнаульскую плотину теперь предполагают реконструировать. Местное отделение Мелиоводостроя произвело бурение плотины, показавшее, что подстилающей породой здесь является илестая глина, на которой на 2—5 м залегают илестый песок (отложения речных наносов). Тело плотины состоит из насыпного песчано-глинистого грунта со шлаком. Кроме того, в теле плотины встречаются суглинок и строительный мусор. Шлак и строительный мусор, видимо, введены в тело плотины при переделках плотины после ее постройки (ремонт, отсыпки для усиления плотины).

² В 1928 г. барнаульская плотина подвергалась разрушению из-за эксплуатационной небрежности. При подъеме воды в р. Барнаулке, начавшемся 24 апреля, оба водоспуска были закрыты. Пока открывали щиты, прошло несколько часов. Поднявшаяся вода прорвала плотину у левого берега, затопила базарную площадь, снесла мосты, смыла базарные лавки (газета «Красный Алтай», 1928 г., № 96). При ликвидации последствий паводка засыпали второй (левый) водоспуск и тем самым привели плотину к тому состоянию, которое имело место до катастрофы 1793 г. Отличие было в том, что сбросили пруд и разобрали оставшийся водоспуск, предоставив свободный проток реке под мостом через оставшийся единственный прорез в теле плотины, от которой осталась собственно только земляная дамба.

³ О. К. Б л у м б е р г, Белый уголь Алтая, Л., 1930.

Исторический опыт использования малых рек должен быть учтен. Должны быть обследованы (все старые плотины, и выяснен вопрос о возможности восстановления и использования их. Но, конечно, отнюдь не такого использования, как это мы наблюдали у старейшей плотины Алтая в Горной Колывани. В 1938 г. на Колыванской шлифовальной фабрике состоялся пуск новой гидросиловой установки (наливное колесо для привода динамо), воспроизводящей там, где не следует, технику XVIII в.

Тщательный учет и изучение истории использования водной энергии в каждом отдельном районе, путем как полевых, так и архивных исследований, учет старых плотин и изучение возможности их использования, особо тщательное изучение их «жизни», а также того, как влияли те или иные местные условия на сооружение и эксплуатацию старых гидросиловых установок, должны войти, как одна из составных частей, в дело дальнейшего развертывания строительства малых и средних гидросиловых установок в нашей стране.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ДЕРИВАЦИОННЫЕ ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ В РОССИИ XVIII в.

§ 1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Рассмотренные в предыдущей главе документы свидетельствуют, что русские гидротехники провели во второй половине XVIII в. много мероприятий для улучшения плотин. Однако в условиях того времени, когда приходилось потреблять на месте получения механическую энергию, вырабатываемую, как -правило, наливными колесами, основные недостатки плотинных схем не могли быть преодолены. Эти недостатки сводились к следующему:

I. Необходимость (располагать самый завод непосредственно у гидросиловой установки, и тем самым непосредственно у плотины, ставила завод под постоянную угрозу разрушения при любом из трех случаев:

- 1) перелив воды через плотину;
- 2) прорыв воды у берегов в обход плотины;
- 3) разрушения плотины.

II. Заблачивание расположенной непосредственно у плотины заводской площадки водами, фильтрующимися с верхнего бьефа.

III. Необходимость создания больших водохранилищ с весьма значительными запасами «мертвой» воды, что обуславливалось необходимостью подавать воду с высоких отметок для работы наливных колес.

IV. Возможность соответственно условиям того времени использовать только небольшие речки и ручьи с весьма малыми расходами.

Перенос заводов на расположенные у одного из концов плотины площадки, имевшие более выгодные топографические условия, конечно, только частично мог помогать делу. Наиболее правиль-

ным было бы в тех условиях перейти во многих случаях к применению деривационных схем, уже известных тогда на Западе. Но такой переход встречал категорические возражения крупнейших авторитетов, полагавших, что деривационные схемы неприменимы в русских условиях.

Выдающийся техник, руководитель строительства многих гидросиловых установок, В. Геннин в 30-е гг. XVIII в. категорически утверждал, что в России возможна постройка заводских гидросиловых установок исключительно по тем схемам, которые мы теперь называем плотинными. Обосновывая невозможность устройства в России установок, называемых ныне деривационными, Геннин приводил следующие доводы

1. Климат в России слишком суров, по сравнению с Западной Европой, для которой Геннин привел деривационную схему, воспроизведенную нами на рис. 6.

2. Из-за жестоких морозов вода в «рвах»,— деривационных каналах, проведенных к заводу на значительное расстояние, будет замерзать, скорее всего на полную глубину подающего воду канала.

3. В случае если часть воды под льдом все же дойдет до завода, она не сможет обеспечить действие водяных колес:

а) воды будет очень мало;

б) вода будет слишком холодной и колеса будут обмерзать, что потребует непрерывного поддержания огня в «колесницах» — кожухах.

4. В таких «рвах»-каналах нельзя держать запасную воду, и поэтому последняя будет стекать весной без пользы.

5. При таких «рвах-каналах» нельзя строить много «фабрик»-цехов, так как в межень на малых реках, используемых в России, они будут стоять без воды.

Такова аргументация Геннина, заключившего свои рассуждения неуверенным высказыванием, что быть может из больших рек можно было бы забирать воду для подачи каналами на завод: «разве из великих рек воду в такие рвы надлежит проводить». Так рассуждал в 30-е гг. XVIII в. специалист, руководивший последовательно как эксплуатацией, так и строительством олонечских, сестрорецких, уральских, сибирских и тульских заводов.

Практическая работа русских гидротехников во второй половине XVIII в. опровергнула все сомнения о невозможности применения в России деривационных схем. Русские гидротехники создали рациональные развитые деривационные схемы.

Особенно интересно то, что деривационные установки получили в XVIII в. распространение собственно только в Сибири: на алтайских и на нерчинских заводах, т. е. в условиях наиболее суровой зимы.

Для Урала и для европейской территории нашей страны нам пока не удалось разыскать примеры применения таких установок

¹ В. Геннин, «Описание уральских и сибирских заводов 1735 г.». Изд. 1937 г., стр. 128.

в то время, что, впрочем, не исключает возможности выявления таковых в дальнейшем.

Документы свидетельствуют, что на Алтае до 60-х гг. включительно строились заводы только с гидротехническими сооружениями, расположенными по плотинной схеме (Колыванский, Барнаульский, Павловский, Сузунский заводы и похверки Змеиногорского рудника). В начале 50-х гг. XVIII в. создается И. И. Ползуновым¹ в Змеиногорске первая, известная нам для России, гидросиловая деривационная установка для обслуживания пильной мельницы. В 60-е гг. там же строит К. Д. Фролов похверки (рудотолчейные и промывальные установки) с большими деривационными каналами. В 60-е же гг. XVIII в. была построена вблизи от Змеиногорска, на Семеновском руднике, деривационная установка для похверка. Далее следует постройка алтайских деривационных установок: Алейский завод — 1774—1775 г., Локтевский завод — 1782—1783 гг., Змеиногорская рудничная водо-и рудоподемная установка — 80-е гг. XVIII в., Гавриловский завод — 1792—1794 гг. Под влиянием успехов алтайских гидротехников строятся в той же половине XVIII в. деривационные установки на Нерчинских заводах в Забайкалье.

Создание деривационных установок именно в наиболее неблагоприятных для их работы климатических условиях, видимо, объясняется специфическими особенностями развития горнозаводского производства в данных районах, являвшихся тогда основными центрами по добыче серебра и свинца. При постройке гидротехнических сооружений завода по обычной плотинной схеме издержки на постройку плотины обыкновенно вдвое превышали издержки на постройку самого завода. На издержки в таком соотношении вынуждены были идти в тех случаях, когда существовала уверенность, что завод обеспечен всем необходимым (руды, лес для выжигания угля) на длительный срок. Но именно на Алтае и в Нерчинском крае в условиях производства, особенно ценных металлов, часто приходилось сталкиваться с иными условиями. Так, например, в 60-е гг. XVIII в. на Алтае создалось следующее положение. Стремясь обеспечить заводы собственным свинцом (необходимым для трейбования при выплавке серебра), здесь начали разработку свинцовых руд на Семеновском и Ново-Лазурском рудниках возле р. Алей. Руды добывались, однако, настолько бедные, что перевозить их для выплавки на уже действующие заводы было невыгодно. Построить же завод у рудников было рискованно, так как при чрезвычайно низкой технике разведки руд не было уверенности, что даже бедные руды здесь скоро не иссякнут. Вот почему, когда в 1763 г. И. И. Ползунов выступил с проектом первой в мире заводской даровой машины, алтайское горнозаводское начальство 22 января 1764 г. решило: «При вышеупомянутых Ново-Лазурском и Се-

¹ Пионер строительства деривационных установок в России И. И. Ползунов (1728—1766 гг.) широко известен как изобретатель «парами действующей» машины для непосредственного привода заводских агрегатов. Деятельность И. И. Ползунова в области гидротехники не получила никакого освещения в печати. Труды И. И. Ползунова и К. Д. Фролова в области гидротехники рассмотрены далее.

меновском рудниках, для переплавки означенных небогатых руд, к получению свинца сделать хотя по одной плавильной печи, действующей чрез помянутую машину» (имеется в виду огнедействующая машина Ползунова). Такое решение прямо мотивировалось тем, что здесь "плавильного, водою действующего завода построить невозможно".

Итак алтайское начальство в 1764 г. официально засвидетельствовало, что здесь необходимо было совершенно новое решение энергетической проблемы. Но разыгравшаяся вскоре трагедия И. И. Ползунова пресекла развитие его дела. Завод с огнедействующей (паровой) машиной не пришлось строить ни у Семеновского, ни у Лазурского рудников. Завод с обычной плотинной схемой здесь также никогда не пришлось строить. Но заводы здесь вскоре были все же построены, построили их с деривационными установками (см. далее: Алейский, Локтевский заводы). Построили их по новым схемам, исходя из того, что при таком решении издержки на гидротехнические сооружения резко снижались. И если при постройке гидротехнических сооружений завода по обычной плотинной схеме издержки тогда на постройку гидротехнических сооружений и самого завода относились, как 2 : 1, то при постройке Локтевского завода соотношение издержек на постройку гидротехнических сооружений и самого завода стало 1 : 3. При таком соотношении стало возможным строить здесь резко отличные от обычных для того времени небольшие заводы (Алейский завод имел всего три небольших печи). Так были построены первые металлургические (плавильные) заводы с деривационными установками именно в тех случаях, где сперва П. И. Ползунов предлагал такое революционное решение, как применение паровой машины.

Примерно аналогичные соображения побудили ввести деривационные установки и на Нерчинских заводах.

§ 2. ГИДРОСИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ЗМЕИНОГОРСКОГО РУДНИКА ДО 70-х гг. XVIII в.

Утилизация водной энергии началась в Змеиногорске еще в 1748 г., достигнув в 80-е гг. XVIII в. наивысшего успеха в результате рассматриваемых далее работ К. Д. Фролова. Рудник носил в XVIII в. название: «Главный Змеиногорский серебро и золото держащий рудник»¹. Название в точности соответствовало фактическому положению.

Еще в середине 30-х гг. XVIII в. здесь была сделана русскими попытка начать горные работы по следам, как это обычно для Алтая, древних «чудских» разработок. Но только с переходом Алтая в 1747 г. в личную собственность русских императоров начинается расцвет Змеиногорска — ставшего действительно главным поставщиком золота и серебра из всех алтайских рудников того времени.

¹ Рудник и город Змеиногорск расположены у впадения р. Змеевки в р. Корбалиху (приток р. Алей), между правым берегом Змеевки и левым Корбалихи, в расстоянии около 300 км от Барнаула и 335 км от Бийска.

В 1745 г. комиссией Беэра было выплавлено из змеиногогорских руд 44 пуд. 6 фунт. 21 зол. серебра. В 1747—1748 гг. рудник дал свыше 237 пуд. серебра, в 1749 г.— свыше 300 пуд. С 1745 по 1862 г. из змеиногогорских руд добыли около 54 000 пуд. (885 т) серебра. Это составляет примерно половину всего серебра, добытого за указанное время на Алтае¹. Кроме того, Змеиногогорский рудник снабжал своих хозяев золотом, заслуженно считаясь одним из лучших украшений короны. Тем самым объясняется то, что Кабинет прилагал все усилия для разработки Змеиногогорского рудника, всемерно содействуя здесь развитию техники горнозаводского дела.

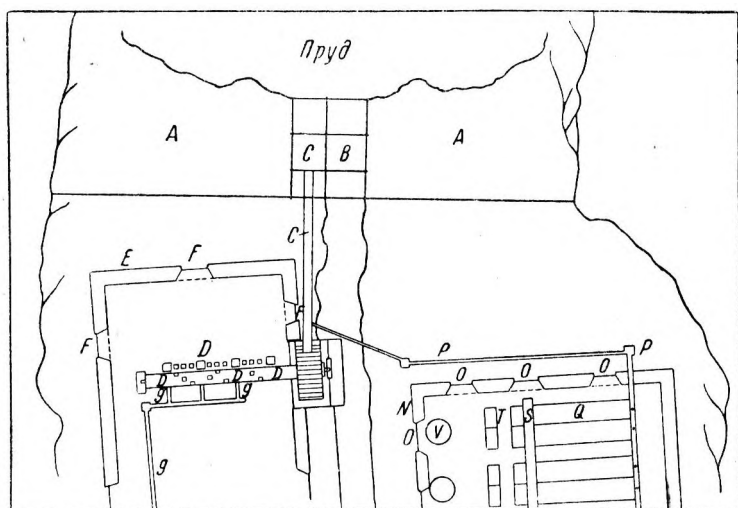


Рис. 26. Гидротехнические сооружения первого похверка (рудотолчейной и промывальной установки) на Змеиногогорском руднике по чертежу 1748 г. *A* — плотина; *B* — водоспуск; *C* — рабочий прорез плотины; *D* — толчея и водяное колесо; *E* — стены толчейной «фабрики»; *F* — окна в толчейной «фабрике»; *g* — ларь, подающий воду на промывку руд; *N* — стены промывальной «фабрики»; *O* — окна в промывальной «фабрике»; *P* — ларь, подающий воду к ящикам для промывки руд; *Q*, *T* — ящики для промывки руды; *S* — желоб для стока отработавшей воды; *V* — чан для промывки шлихов (ЦГАНХ, Л.).

Первая гидросиловая установка в Змеиногогорске была сооружена в 1748 г.² для привода водяного колеса похверка, как назывались установки для толчения и промывания руды (рис. 26). На р. Змеевке соорудили плотину длиной около 27 м и шириной примерно 6 м.

¹ Литература о Змеиногогорском месторождении и руднике весьма обширна. См. библиографические справки: «Географическо-статистический словарь Российской империи», составленный П. Семеновым, т. II, СПб, 1865, стр. 282; «Большой Алтай», т. III, 1936; В. Обручев, История геологического исследования Сибири, т. I, Ленинград, 1931 (стр. 1—18 после текста). Однако при наличии сотен работ по вопросам геологии и т. д. нет работ ни по истории рудника в целом, ни по истории утилизации водной энергии в Змеиногогорске.

² Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., опись 315/476, дело № 61; там же, фонд: планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 1, л. 110.

Непосредственно ниже плотины, по обеим сторонам внешнего канала, расположили толчеино-промывальные «фабрики».

Для сброса воды устроили водоспуск в центральной части плотины. К водоспуску примыкал ларевой (рабочий) прорез, через который по желобу подавалась вода для работы водяного колеса, а также снабжались водой ящики промывальной установки.

Как свидетельствует чертеж и описание, строители первого змеиногорского похверка ограничились обычной плотинной схемой, типичной для всех предприятий России того времени.

Очень скоро выяснилось, что плотина первого похверка была не в состоянии удовлетворить потребности быстро развивающегося Змеиногорского рудника. В связи с этим в 1753 г. эту плотину значительно усилили: «прибавлена в длину более и поднята выше». В эти же годы построили здесь вторую плотину для нового (второго) похверка.

Участие в постройке второй Змеиногорской установки принял наиболее выдающийся представитель русской технической мысли XVIII в. И. И. Ползунов. Он дал детальное описание всех сооружений второго похверка¹. В отличие от других авторов того времени, ограничивавшихся в экспликации на чертеже только словом «плотина», на чертеже И. И. Ползунова дана обстоятельная справка об этом основном сооружении:

«Плотина — длиною от 37 до 40 (сажень — В. Д.), шириною по верху — 5, вышиною, от почвы, 3 — и более сажень можно вызнать. В той плотине имеет быть земли 1 110 сажень кубичных».

Водоспуск в плотине по описанию И. И. Ползунова имел два запора. Мосты для сообщения с промывальной «фабрикой» предполагалось устроить не через водоспуск та плотине, как обычно, а ниже плотины.

Вода для работы толчеинового водяного колеса, а также для всей промывальной установки должна была подаваться через ларевый прорез, имевший особый запор.

В дальнейшем, при постройке похверка, отказались от ларевого прореза, ограничивались обычным для Алтая забором воды в ларевую систему непосредственно от внешнего прореза.

В 1754 г., здесь же в Змеиногорске, работал И. И. Ползунов по постройке лесопильной мельницы. Документы свидетельствуют, что в указанном году И. И. Ползунов находился «полгода при строении пильной мельницы и оная мельница совершенно построена»². На этом строительстве, проведенном великим изобретателем, следует особо остановиться, так как данная деривационная установка представляет одну из наиболее ранних, если не самую раннюю в нашей стране.

Выкопировка из чертежа Змеиногорского рудника, составленного в феврале 1755 г., схематически воспроизводит деривационный канал и лесопильную мельницу. На чертеже показан специальный

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд; Кабинет е. в., планы а чертежи, опись 44/1130, дело № 1, л. 132.

² Алтайский исторический архив, дело № 154, л. 141.

прорез в плотине, подающий воду в канал¹ (рис. 27). На схеме пильной мельницы видны: водяное колесо, лесопильная установка и две бревнотаски, расположенные с противоположных сторон здания. Через несколько месяцев был составлен второй чертеж, воспроизводящий ту же схему с одним, но весьма существенным отличием. Забор воды здесь также схематически показан, но не от плотины, а значительно ниже ее по течению р. Змеевки — от специального «запора», т. е. особого головного сооружения, питающего деривационный канал (рис. 28). На последующих чертежах 50-х и 60-х гг. XVIII в. полностью сохраняется последняя схема, что заставляет предположить, что забор воды от плотины, показанный на чертеже, составленном в феврале 1755 г., не был осуществлен,

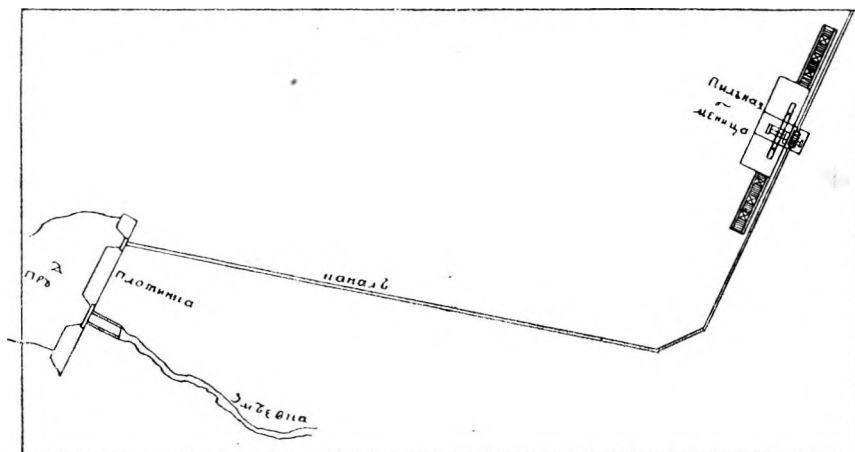


Рис. 27. Схема подачи воды каналом к пильной мельнице, построенной И. И. Ползуновым (по чертежу, составленному в феврале 1755 г.) (ЦГАНХ, Л.).

и установка работала по схеме, соответствующей декабрьскому чертежу 1755 г. и всем последующим чертежам. Судя по чертежу 1761 г., деривационный канал подавал воду в деревянный лоток, по которому она поступала на колесо лесопильной мельницы.

В 1762 г. приехал на Алтай Козьма Дмитриевич Фролов, с именем которого связаны наиболее выдающиеся дела русских гидротехников XVIII в. К. Д. Фролов родился в 1733 г. в семье рабочего Полевского завода, построенного при р. Полевой в 1724—1725 гг.

(около 52 км от Екатеринбурга). Еще в детстве К. Д. Фролов мог здесь ознакомиться с весьма редкой в то время в России шанговой вододействующей машиной, обслуживавшей насосы рудника, расположенного недалеко от заводской плотины. С 1744 г. К. Д. Фролов работал на Березовских золотых промыслах. В 1757 г. его командировали в Олонецкий край на Воицкий рудник «для установления горных работ и промывки золота». Затем его посылали «для

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, дело № 1, л. 55.

осмотру Лопских рудников и для открытия новых руд на границах Лапландии». Возвратившись обратно на Урал, Фролов построил на Березовских промыслах оригинальную промывальную установку, сократившую издержки на промывку золота на 4 000 руб. в год, что составляло в то время огромную сумму. Слухи о талантливом уральском штейгере дошли до Алтая. Начальник Кольвановоскресенских заводов А. И. Порошин добился в 1761 г. решения об отправке К. Д. Фролова в его распоряжение для работ на Змеиногорском руднике. Приехав в Змеиногорск, К. Д. Фролов работал здесь до самого конца XVIII в., выполнив именно здесь важнейшую часть своих замечательных работ.

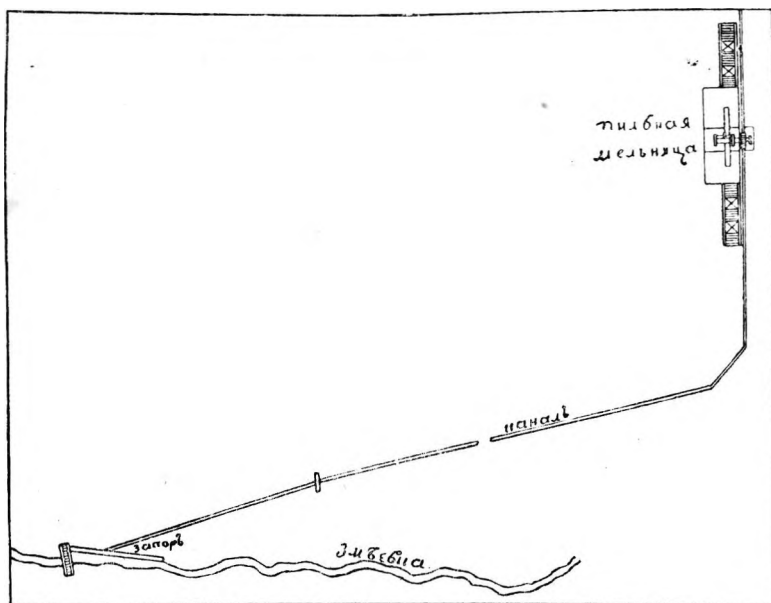


Рис. 28. Схема подачи воды каналом к пильной мельнице, построенной И. И. Ползуновым (по чертежу, составленному в декабре 1755 г.). (ЦГАНХ, Л.).

Автор единственной заслуживающей упоминания, но, к сожалению, очень коротенькой, публикации о Фролове очень тепло описывает замечательного гидротехника:

«Фролов был характера самого кроткого; простота, свойственная его происхождению и воспитанию, осталась неизменной во всю его жизнь. В минуты задумчивости, он разговаривал с самим собою и, углубляясь в любимый предмет свой, механику, нередко останавливался на улице или другом открытом месте и чертил тростью на земле планы или делал вычисления»¹.

¹ А. Карпинский, Биографическое известие о жизни К. Д. Фролова, «Горный журнал», 1827, кн. VII, стр. 159—175. О Фролове см. также «Русский биографический словарь», том «Фабер-Цявловский», СПб, 1905, стр. 237—238.

В 1764 г. К. Д. Фролов, будучи в чине обер-штейгера и шихт-мейстера, построил при р. Корбалихе первый похверк «для вымывки из отвалов и похэрцов золота».

В следующем году он построил ниже по течению второй похверк «для промывки похэрцов и чудских отвалов». Похверки Фролова представляли огромный прогресс по сравнению со всеми ранее известными установками для толчения и промывки руды. Во весь рост развернулся замечательный талант К. Д. Фролова при этом строительстве. Замечательный механик и гидротехник сумел широко использовать самое обычное водяное колесо для привода высокоразвитой системы механических агрегатов. Даже внутриводский транспорт был здесь механизирован строителем, стремившимся автоматизировать выполнение всех операций, опираясь на «центральный мотор» — единственное водяное колесо, обслуживавшее всю установку.

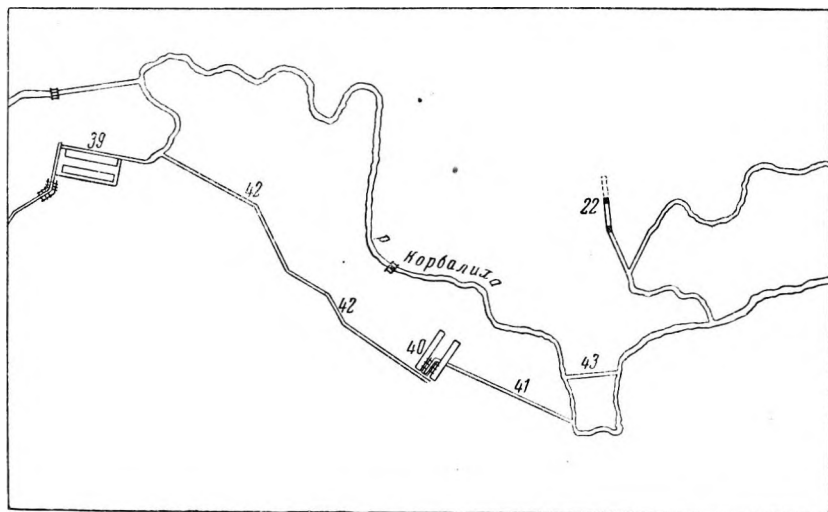


Рис. 29. Корбалихинские похверки К. Д. Фролова, по чертежу 1764 г. 39— верхний корбалихинский похверк; 40 — нижний корбалихинский похверк (во время составления чертежа только предназначенный к постройке); 41 — канал для отвода воды от нижнего похверка; 42 — канал, подающий воду от верхнего к нижнему похверку; 43 — «отводной речки Корбалихи для приумножения падения воды канал»; 22 — выход водоотливной Кре- стительской штольни из Змеиногорского рудника (ЦГАНХ, Л.).

Продолжая начатое И. И. Ползуновым применение деривационных установок, К. Д. Фролов создал стройную систему использования гидравлической энергии для работы похверков (рис. 29). На р. Корбалихе устроили «флютверы» (водоподъемные плотины). Вода из Корбалихи поступала по каналу на первый похверк и затем, обслужив водяное колесо, шла по каналу к нижерасположенному похверку. Выполнив работу на последнем, вода сбрасывалась обратно в реку. Один поток воды таким образом последовательно приводил в действие водяные колеса сперва на выше, а затем на ниже по

течению расположенных похверках. Такую систему, получившую в дальнейшем еще более совершенные формы в установках К. Д. Фролова, можно назвать каскадной утилизацией водной энергии.

Рапортуя 20 декабря 1765 г. в Кабинет в Петербург об успехах установок К. Д. Фролова, начальник Колывановоскресенских заводов А. И. Порошин особо отмечал, что на новых похверках «ящики или, по горному названию, собачки (вагонетки — В. Д.) приведены в действие водяною силою»¹. Там же писал Порошин, что благодаря трудам Фролова, проявившего «знак своей ревности и любопытства», машины приведены «в совершенное действие водяною силою». Алтайское горнозаводское начальство в лице Порошина прямо засвидетельствовало, что благодаря корбалихинским похверкам «людям немало работы уменьшилось».

За успешные труды Фролова наградили: «В рассуждении ево недостаточества в содержании, и для придания впредь к дальнейшему простиранию любопытства, и к показанию горной ползы в знак удовольствия... выдано ему из казны, не в зачет ево жалованья,— сто рублей». В Кабинете поняли, что труды Козьмы Дмитриевича приносят огромную выгоду и распорядились 30 сентября 1767 г. выдать ему еще 100 руб. за постройку первого корбалихинского похверка и сверх того еще 100 руб. за постройку второго похверка там же. В постановлении Кабинета, признали шихтмейстера Фролова «отличными талантами подобным Ползунову».

Вполне понятно такое отношение к Фролову, если вспомнить, что из промывок и шлихов его корбалихинских похверков в 1766 г. получили 674 пуд. 19 фунт. 63 зол. и 82 доли серебра и 21 пуд. 15 фунт. 93 зол. 27 долей золота.

§ 3. АЛЕЙСКИЙ ЗАВОД

Для производства серебра на Колывановоскресенских заводах требовались значительные количества свинца, доставлявшегося до 1775 г. с Нерчинских заводов. 10 апреля 1774 г. Канцелярия Колывановоскресенского горного начальства, управлявшая алтайскими рудниками и заводами, приняла решение о выплавке свинца из местных руд с целью избавиться от расходов и транспортных затруднений, неизбежных при доставке нерчинского свинца. Решили использовать накопившиеся при Семеновском руднике «свинцовые с содержанием серебра руды и промытые шлихи». Но перевозка упомянутых руд и шлихов да какой-либо из действующих заводов Алтая была слишком дорогой, и кроме того, было признано невыгодным загружать существующие заводы такой работой. В связи с указанными обстоятельствами приняли решение построить новый завод где-либо в верховьях р. Алея².

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., дело № 235, л. 20 и сл.

² Рапорт Канцелярии Колывановоскресенского горного начальства о постройке при вершинах реки Алея для расплавки свинцовых руд и шлихов — завода о трех плавильных печах». Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., дело № 307, л. 1.

Выбрать место для постройки нового завода командировали соратника И. И. Ползунова гиттенфервальтера Дорофея Головина, поручив ему: «в окрестности Семеновского рудника все положение мест при речках Черепанихе, Глубокой и при самом Алее прилежно осмотреть и сыскать способнейшее для построения, на первой случай хотя трех для свинцовой плавки плавильных печей,— место»¹. Головину приказали, чтобы он, учитывая небольшие размеры завода, выбрал такое место, где бы можно было обойтись без постройки требующей больших расходов водоудержательной плотины.

Головин быстро и хорошо справился с поставленной перед ним задачей. 19 мая 1774 г. он подал рапорт в Канцелярию Кольвановоскреенского горного начальства в Барнауле, в котором сообщал, что место для постройки нового завода найдено при речке Алее.

К рапорту Головин приложил составленные им чертежи и карту².

Предложение Головина отличалось продуманностью, знанием дела, смелостью и представляло в тех условиях очень большое новшество. Исходя из идей, примененных И. И. Ползуновым при постройке деривационного канала при Змеиногорской мельнице, и развивая далее эти идеи, Головин решил применить здесь деривационную схему. Он отвергнул мысль об использовании мелких речек, которое только и имело место в русской гидротехнической практике того времени. Проектировщик сразу же остановился на использовании р. Алея. В противоположность таким (использованным для алтайских заводов) рекам, как Белая, Барнаул, Корбалиха, Змеевка (расходы в межень 0,5—3,0 м³/сек, максимальные и даже катастрофические расходы 50—60 м³/сек), р. Алей, крупный приток Оби, имел не только значительно большие расходы, но и отличался очень большими паводками (расход в межень около 4—7 м³/сек, расход при обычном паводке 300—400 м³/сек, расход при катастрофическом паводке 700—800 м³/сек).

Головин предложил ограничиться на Алее вместо плотины и даже вместо флютвера следующим: «на реке Алее вместо флютвера, для поднятия в канале воды, слань шириною 10, длиною 8 сажень, которая имеет быть чрез 1/2 аршина фашиннику загружена крупным! и мелким слоями камнем вышиною до двух аршин». Таким образом проектировщик предложил ограничиться всего лишь устройством непосредственно в русле р. Алея небольшого порога из хвороста с каменной наброской. При ширине около 21 м и длине 17 м порог должен был образовать подпор всего около 1,4 м, что было достаточным для того, чтобы питать голову деривационного канала, подающего воду на завод. При таком решении, учитывая удачный выбор Головиным заводской площадки, никакие паводки не были страшны, даже при возрастании расходов, по сравнению с обычными, в сотни раз. Последующая практика полностью подтвердила предположения Головина.

¹ «Дело о построении Алейского завода на вновь обысканном месте гиттенфервальтером Дорофеем Головиным, с 1774-го по 1777-ой год», Алтайский исторический архив, фонд № 1, дело № 560, л. 1.

² Там же, л 12—16.

Голова деривационного канала должна была быть образована ряжами: «свинки из бревен к реке Алею и в канал длиною 3 и 4, шириною 2 и 3 сажень, вышиною 2½ аршина». Между ряжами следовало устроить затвор, подающий воду в канал и закрывающийся, как обычно, ставнями. По проекту Головина деривационный канал, подающий воду на завод, должен был иметь в длину 160 саж. (341 м), при ширине поверху 2 аршина (1,4 м) и глубине—1,5 аршина (1 м).

Первые 66 саж. (140,8 м) следовало проложить в мягком грунте речных наносов. Далее на протяжении 16 саж. (34 м) следовало прокладывать канал по рыхлой земле, где требовалось деревянное крепление. Последние 78 саж. (166,4 м) канала намечено было проложить, как говорит документ, «по развалившемуся и осыпе». Эту часть следовало по проекту провести «ларем», т. е. устроить здесь деревянный лоток, подающий воду к заводу. На зимнее время проектировщик предусмотрел прикрывать канал и ларь жердями и сеном: «от замерзания закроется по жердям сеном».

Напор в системе должен был составлять 7 аршин (5,0 м): «через все расстояние того канала до устья выводного из-под колес (канала—В. Д.)... падения 7 аршин». Падение воды распределялось так:

1. Падение в канале и ларе — 1 аршин 2 вершка (0,80 м), из них «падение в течении воды в верхнем канале — 6, на толстоту в нем воды — 12 вершков».
2. Падение в лотках, подающих воду на колеса («на спуски колесные»), 2 вершка (0,09 м).
3. Падение на колесах («на диаметр колес») 5 аршин (3,6 м).
4. Последние 12 вершков (0,53 м) приходились на падение воды «под колесами в нижней канал», т. е. в канале, отводящем, воду из-под колес, обратно в реку, но уже, конечно, по ее течению ниже водозаборного канала. При такой схеме по мнению Головина «подпрудной воде быть неуповаемо».

Для пропуска излишней воды, поступавшей в деривационный канал, у его нижнего конца, Головин предложил устроить сброс непосредственно у завода: «при нижнем устье канала, ради течения излишней для действия колес воды, спуск длиною полутора сажень, шириною два (аршина — В. Д.), вышиною полтора, а при конце его обруб вышиною 2 аршина».

«Выводной из-под колес канал», т. е. канал для сброса в р. Алей воды, отработавшей на колесах (и для сброса излишней воды), по проекту имел следующие размеры: длина 85 саж. (181,4 м), ширина 2,5 аршина (1,8 м), глубина 2 аршина (1,4 м). На протяжении 55 саж. (117,3 м) канала предусматривалось деревянное крепление — «по сваям заметинами», остальная часть канала должна была быть без всяких креплений.

На заводе предусматривалась постройка: «плавленной фабрики», «мусерной толчеи», кузницы и пильной мельницы. Завод должны были обслуживать три водяных колеса (диаметр 3,6 м, ширина 1,4 м).

Изложив приведенные нами выше материалы, Головин приложил к описанию проекта «Примечания», представляющие то, что мы теперь называем технико-экономическим обоснованием проекта.

В начальных двух пунктах «Примечаний» он указывал следующее: «1. река Алей течение воды имеет довольно и крутое, и не только для трех колес, но хотя сколько когда потребно ни было всегда со удовольствием» (т. е. достаточное количество воды для работы большого числа колес); 2. «место, на котором расположено при верхнем устье канала свинки, под строение плавильной фабрики и пильной мельницы, также перед оными площадь не водопоемая, и впредь от оногo (р. Алей) высоты берегов опасности быть не может». Далее следовал подсчет запасов прилегающих к заводу лесов, которых, по Головину, должно было хватить для завода «на 30 лет с достатком». Также были приведены материалы о наличии здесь же поблизости необходимых для постройки и для работы завода: горного камня, глины и т. д.

Чертежи, приложенные к проекту Головина, пока не удалось разыскать. В Новосибирском историческом архиве нами найден чертеж (№ 6385), на котором сопоставлены место и схема сооружений по проекту Головина и «место вновь означенное под завод». Схемы всех сооружений в обоих случаях совершенно одинаковы. Отличие только в месторасположении заводской площадки, выбранной во втором случае несколько ниже по течению р. Алей, чем в первоначальном варианте. При этом слань укладывалась не в основном русле р. Алей, а в рукаве, что было, конечно, более выгодным. Данный вариант (рис. 30) был утвержден 21 мая 1774 г.

19 июня 1775 г. начал действовать построенный Головиным Алейский завод, для которого по схеме гидротехнических сооружений нам не известны никакие аналогии в предшествующей как русской, так и иностранной практике. В дальнейшем схема гидротехнических сооружений Алейского завода была значительно изменена, как свидетельствуют более поздние планы.

К 1776 г. относится хранящийся в Новосибирском историческом архиве чертеж (№ 6384), на котором показано устройство в то время головы деривационного канала (рис. 31). На упомянутом чертеже место у головы канала, предназначенное для кладки слани, показано так, как обычно показывали в то время на чертежах плотины, но далее идет надпись «спрудная сланью вода». Видимо запроектированный сланевый порог был здесь значительно усилен и доведен до небольшой сланевой плотины (флютвер). Как свидетельствует чертеж, на основном русле самой р. Алей в 1776 г. образовался зазор — «снежной надым к коему прибывающую воду со льдом спрудило». Подпертая вода хлынула к староречью и произвела прорыв у головы деривационного канала, в месте, показанном на чертеже.

На хранящемся в Новосибирском архиве плане Алейского завода, составленном в 1785 г. (рис. 32), показаны значительные изменения в головных сооружениях. На р. Алее показан: «мянуемой эс («ез» — В. Д.), которой укреплен противу поставленными кобылинами, на которые для удерживания воды опускаются связанные пучками мелкие прутья и подле оногo дерн и глина. И тем возвышают воду для пропуску в каналы заводского действия». Таким образом сооружение названием «эс», или правильнее «ез»,

представляет водоподъемную сланевую плотнику на самом Алее, подпиравшую воду, которая затем направлялась к голове деривационного канала по вспомогательному каналу (староречье) через

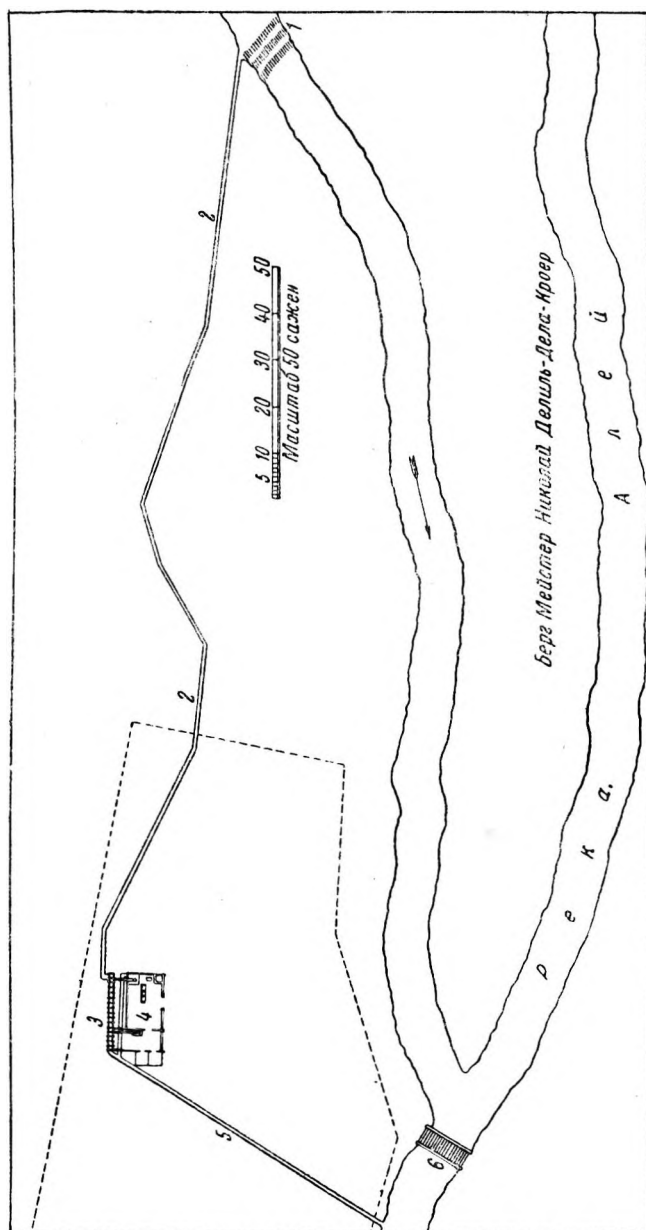


Рис. 30. Схема гидротехнических сооружений Алейского завода по проекту, утвержденному в 1774 г. 1 — слань; 2 — канал; 3 — ларь; 4 — завод; 5 — канал для сброса отработавшей воды; 6 — мост (Новосибирский исторический архив — НИА).

прорез, укрепленный сваями, перевязанными брусьями. «Ез» устроили почти на том месте, где был в 1776 г. зажор, направивший воду в староречье.

Очевидно, что строители решили использовать возможность устройства водохранилища за счет небольшого искусственного сооружения именно на том месте, где когда-то образовывалась естественная запруда. С целью избежать неприятных последствий,

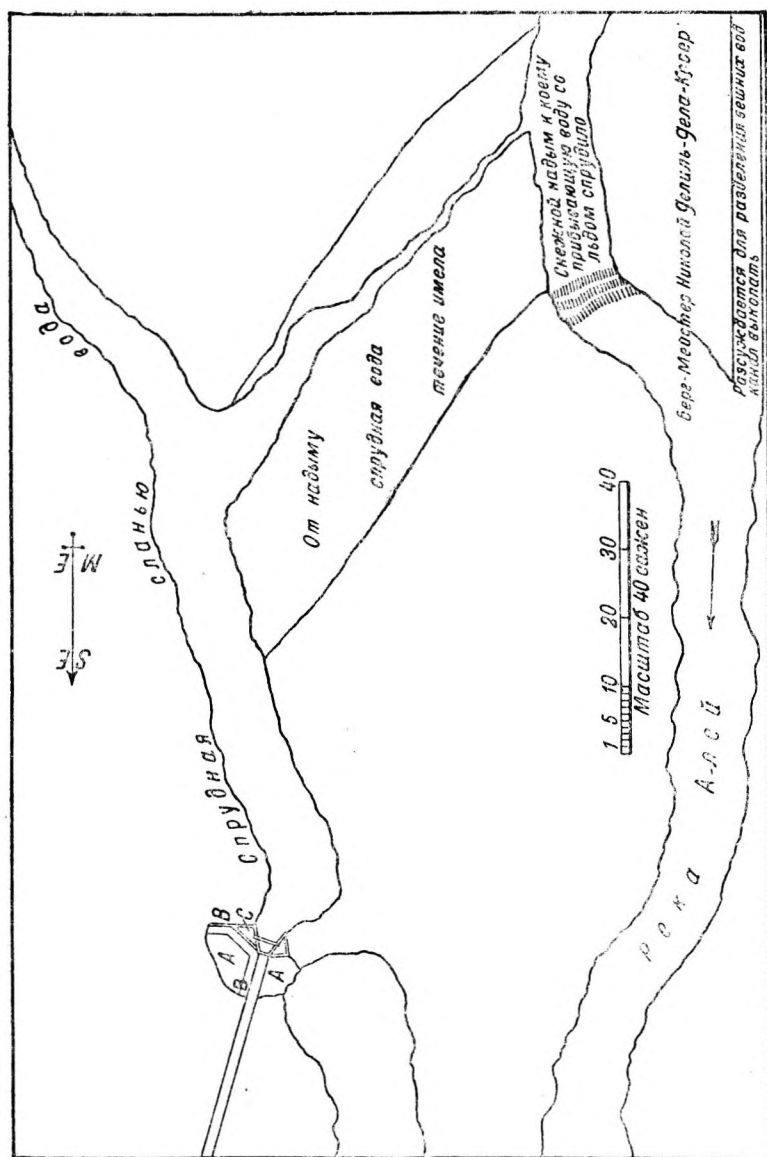


Рис. 31. Прорыв у головы деривационного канала Алейского завода, обусловленный зазором, 1776 г.
 А — «прорыв от вешней воды»; В — «ныне назначено быть набойке»; С — «вновь назначено быть срубить свинку» (НИА).

имевших место в 1776 г., был устроен у головы деривационного канала сброс (водослив для сброса излишней воды из пруда и канал для отвода воды обратно в р. Алей). Вода поступала в деривационный канал через земляную «плотнику» с прорезом. Для за-

щиты водосливов сброса и деривации перед ними устроили в виде буквы Г ряж из свай, скрепленных брусьями.

План 1798 г. свидетельствует, что главные сооружения Алейского завода были несколько изменены¹ (рис. 33). Помимо водоподъемной плотины («еза») на самой р. Алее (устроенной теперь несколько иначе — в виде буквы Г и несколько выше, чем показано на плане 1785 г.) устроили еще одну плотинку («ез») в протоке, по которому вода направлялась из р. Алея в пруд и к деривации. Устроенный в русле Алея «ез» (водоподъемная плотина)

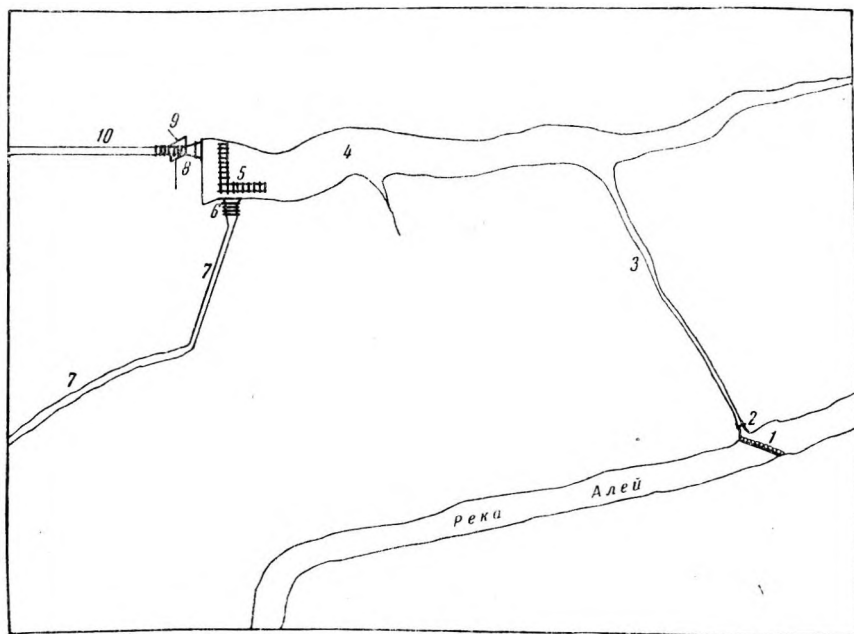


Рис. 32. Схема гидротехнического узла Алейского завода по плану 1785 г. 1 — сланевая плотина — «ез»; 2 — прорез для пропуска воды по каналу 3 в староречье; 4 — пруд, образовавшийся в староречье; 5 — ряж для защиты головы деривационного канала и водослива; 6 — водослив; 7 — канал для сброса излишних вод; 8 — плотинка; 9 — прорез, подающий воду в деривационный канал; 10 — деривационный канал (НИА).

описан в экспликации к чертежу: «имянуемые езы, кои укреплены противу воды поставленными кобылинами и на кои для удержания некоторой части воды опускаются связанные пучком мелкие прутья, между коих дерн, глина и часть чернозема, а сверх оного наложен груз каменьем, чем возвышает воду для удобного пропуска в канал на действие заводское». О втором «езе», что в протоке к пруду, сказано: «при коем езу впускается в плотину вода из реки Алея». Несколько иначе, чем прежде, показаны на плане 1798 г. очертания земляной плотины у головы деривационного ка-

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 304.

нала. Очень коротким показан канал сброса, так как р. Алей в это время подошла близко к самой голове сброса. Имеют место и некоторые другие отступления по сравнению с планом 1785 г. (например, не показан рязь, защищавший водосливы от мусора, плывущего по реке). Возможно, что некоторые из таких отступлений возникли вследствие неточности, допущенной составителями планов. Ко времени составления плана 1798 г. значительная часть собственно заводских сооружений Алейского завода очень сильно обветшала и вскоре завод был остановлен.

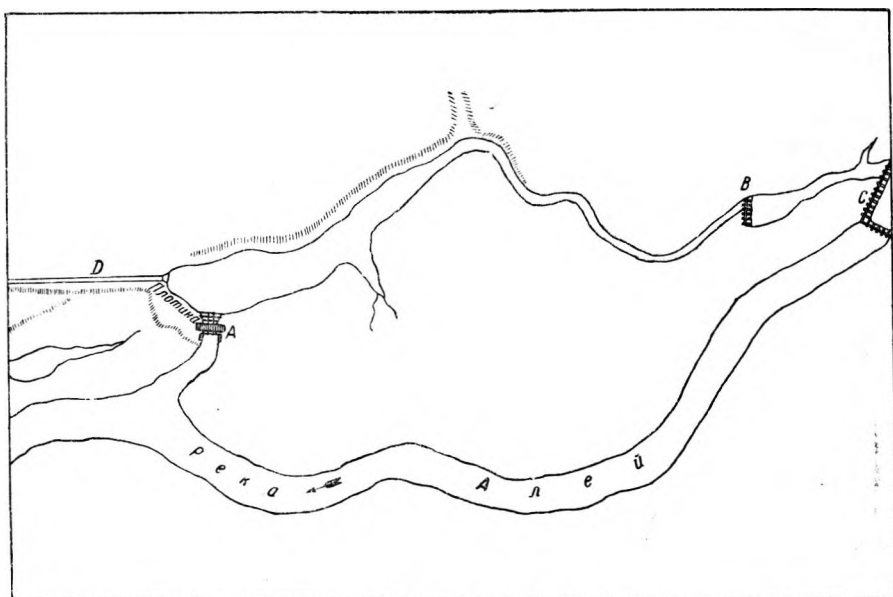


Рис. 33. Схема гидротехнических сооружений Алейского завода по плану 1798 г. *A* — водослив; *B* и *C* — «язы» (сланцевые водоподъемные плотины); *D* — деривационный канал (ЦГАНХ, Л.).

При обследовании 1938—1939 гг. нами обнаружены на территории завода только кучи шлака и местами остатки фундаментов заводских сооружений. Деривационный канал сохранился, но очень сильно зарос кустарником. Профиль канала трапециoidalный, ширина по дну 0,8—1,0 м, откосы 1 : 1,5. Длина канала около 800—1 000 м. Земляная плотина, перегораживавшая ложбину и образующая пруд, разрушена. Остатки плотины у левого берега возвышаются над дном водохранилища на 1,5 м и имеют трапециoidalную форму с откосами 1 : 2 и 1 : 1,5. Ширина остатков плотины доверху 0,7—0,9 м. Тело плотины образовано из жирного суглинка с большим количеством камня.

Дно пруда и выход к р. Алею теперь совсем замыты; проследить в настоящее время староречье, по которому когда-то вода поступала из реки в пруд, оказалось невозможным. Все покрыто новыми речными наносами, достигающими мощности до 2,5 м. Ника-

ких следов водоподъемных плотин не удалось найти. Такие разрушения вполне понятны для легких сооружений, полностью заброшенных на протяжении свыше полутора столетий в пойме капризного Алея.

§ 4. ЛОКТЕВСКИЙ ЗАВОД

Локтевский завод начали строить на р. Алее в 1782 г. поблизости от того места, где Алей делает крутой поворот, изменяя свое направление с западного на северо-восточное («Алейский локоть»). Невдалеке от этого места находился Локтевский медный рудник. Постройку гидротехнических сооружений и самого завода кончили в 1783 г. На 1 января 1785 г. по требованию из Кабинета в Петербурге на Алтае составили «Ведомость... о произведенном! при Локтевском заводе строении, и сколько на оное денежных и припасных расходов произошло»¹. В 1786 г. был составлен «чертеж ситуации, принадлежащей к Локтевскому заводу»² (рис. 34).

На р. Алее устроили «с пристойным укреплением» водоподъемную плотину — флютвер (рис. 34 литера В), подымавшую воду на 4,6 м. Через флютвер устроили проезжий мост длиной в 12,8 м и шириной 6,4 м. Ниже флютвера с целью защиты берегов от размыва устроили ряжи по обоим берегам на протяжении 15 м. Далее по правой стороне вниз по течению (подмываемой рекой и примыкающей к каналу) на протяжении 50 м забили сваи и заложили «елань на ровень с берегом осинового и тополевого рода лесом». После того все было забучено камнем.

На постройку «флютвера» и береговых укреплений израсходовали 1 260 р. 74 к.

От «флютвера» В прокопали до завода канал С длиной 8 км. Канал был глубиной от 1,4 до 2,1 м при ширине по дну 1,4 м и поверху 3,5—4,3 м. Вдоль по каналу устроили несколько запоров «с пристойным укреплением». Первый из них был сооружен непосредственно возле флютвера на Алее, а второй на расстоянии примерно 1 км. Кроме того, «по оному каналу, в niskом месте, чрез так называемой исток, выстроен шлюз для протекания внешней воды» (шлюз был по длине канала 34 м и шириной 4,3 м).

Шлюз построили для того, чтобы можно было сбросить попавшие в деривационный канал избыточные воды. Для этой цели использовали возможность сброса воды в Ивановский исток, верховье которого было около того места, где устроили шлюз (рис. 34).

В общей сложности на протяжении 1 280 м отдельные, наиболее ответственные, участки канала укрепили кладкой по обоим стенкам из дикого камня. Издержки на сооружение канала составили 938 р. 55¹/₄ к.

В конце канала у завода А срубили ряж, установленный на сваях. В этом месте вода подавалась в ларь, выполненный из ларевого тесу и имевший в длину 147,2 м. Ряж и ларь вызвали затраты в сумме 250 р. 82¹/₂ к. У конца ларя построили рудоплавильный завод, от

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., опись 315/476, дело № 360, лл. 4—8.

² Там же, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело №60.

которого провели для сброса отработанной воды обратно в Алей «выпускной канал» 277 м. Таким образом общее протяжение обоих каналов с «капитальным» ларем составило около 8,5 км.

На заводе построили восемь плавильных пеней, около которых выкопали ямы под кожуи двух водяных колес и затем соорудили

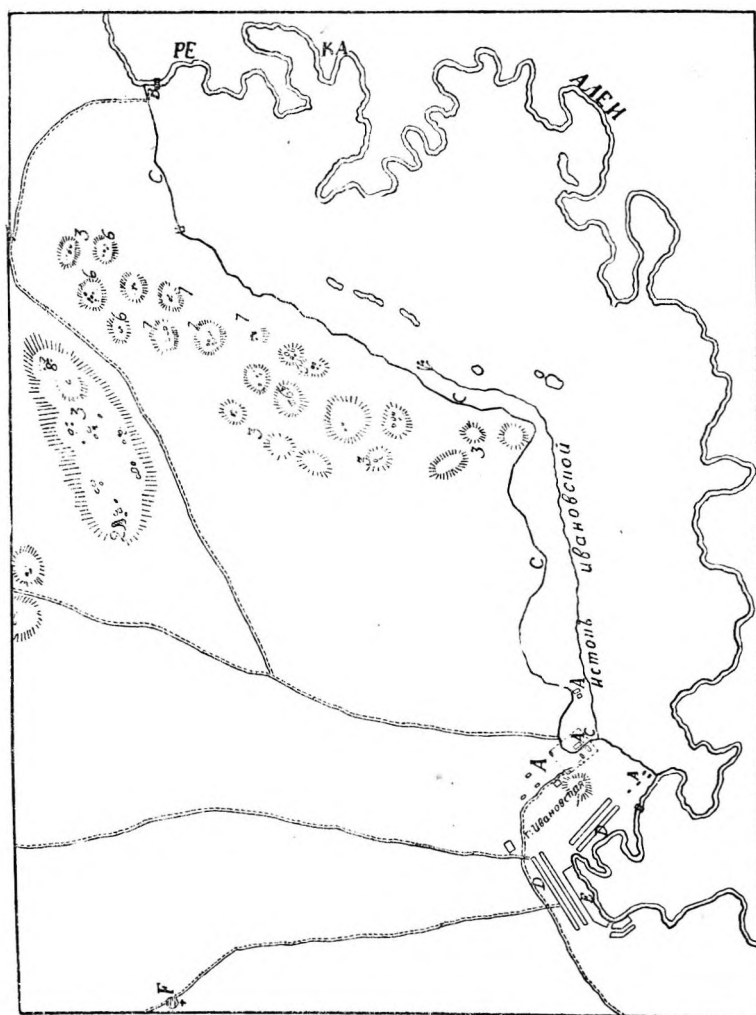


Рис. 34. Локтевский завод в 1786 г. А — завод; В — «флотверк» (плотина); С — канал; Д — партикулярные постройки; Е — деревня Новоалейская; F — рудник (ЦГАНХ, Л.).

каменные кожуи и в них колеса. Третье водяное колесо находилось на пильной мельнице, построенной около конца ларя, подающего воду. Четвертое водяное колесо установили на толчейной установке. Издержки составили на постройку собственно завода с каменным зданием, печами, колесами, мехами и т. д. 5 082 р. 17³/₄ к., на пильную мельницу — 480 р. 92³/₄ к., на толчейную установку 50 р. 85¹/₄ к.

Помимо указанного соорудили при заводе кузницу, меховую, кирпичный цех, казармы, конюшни, офицерский дом, караульную, пробырню, лазарет, служебные здания и т. д. Издержки на всю постройку завода составили 10 101 р. 7¹/₄ к. Завод пустили 22 ноября 1783 г. На 23 декабря 1784 г. было проплавлено 64 671 пуд. медных руд. Завод в дальнейшем был расширен и успешно работал в XIX в.¹ В 1787 г. устроили при Локтевском заводе шлифовальную и камнерезную фабрики, перенесенные на Колыванский завод в 1799 г.²

Характерно, что в отличие от Барнаульского и Павловского заводов с плотинными схемами Локтевский завод совсем не пострадал во время большого паводка 1793 г. Управляющий заводом Чулков в мае 1793 г. сообщил начальнику Колывановоскресенских заводов Качке, что к 3 мая паводок достиг наибольшей высоты (на 0,53 м больше, чем в предыдущем году). Плавильные и шлифовальные фабрики были затоплены более чем на 0,7 м, но в результате паводка только и поврежденных было, что у флютвера «сорвало две связи», да у завода, «через реку Алей мост снесло и посадило за деревней». Новая схема гидротехнических сооружений окончательно доказала свои преимущества во время паводка, что, видимо, благоприятствовало дальнейшему применению деривационных установок в Сибири.

При обследовании в 1939 г. остатков гидротехнических сооружений Локтевского завода установлены значительные изменения в головных сооружениях, происшедшие здесь после постройки завода. Река Алей спрямила русло в том месте, где к ней примыкал деривационный канал, и стала течь левее. В результате канал оказался примыкающим к старице (рукаву р. Алея), которую использовали для подачи воды из Алея в канал и для регулировки. Непосредственно у выхода рукава из Алея построили водоподъемную плотину, направлявшую воду в рукав. У выхода рукава в Алей построили регулятор, установив здесь, как обычно, деревянные ряжи и запорные щиты для подпора и сброса воды по мере потребности. Берега реки у выхода рукава в Алей укрепили.

Ко времени обследования сохранилось очень немного от головных сооружений Локтевского завода, заброшенного с конца XIX в. на произвол капризного Алея. В значительной мере были усилены разрушения тем, что из сооружений расхитили почти весь лес.

От водоподъемной плотины на р. Алее, направлявшей воду в рукав и далее к деривационному каналу, остался на правом берегу только трапециoidalный бугор, состоящий из речного ила и камней. Также разрушены деревянные ряжи сооружения, регулировавшего подачу воды в канал. На дне реки прослеживаются остатки клеток ряжей, заполненных камнем.

Выход рукава в реку, очень сильно заиленный, теперь возвышается примерно на 1,6 м над меженным горизонтом р. Алея. Крепление берегов в районе выхода рукава в реку сохранилось, сыграв свою положительную роль, река перестала размывать здесь берега. На пойменном участке деривационный канал разрушен и сильно за-

¹ В 1863 г. выплавлено серебра 275 пуд. 12 фун. и 14 410 пуд. свинца.

² Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 343.

рос ($1/6$ длины канала). Далее канал сравнительно хорошо сохранился на всем протяжении. Сечение канала трапециoidalное (глубина 1,75—2,0 м, ширина по дну 1,5—2,0 м, т. е. размеры, близкие к имевшим место при сооружении канала). Следов размыва земляных стенок канала не установлено. Имевшее место в прошлом каменное крепление стенок канала не прослеживается. В том месте, где по описанию 80-х гг. XVIII в. был устроен «шлюз» для сброса воды, прослеживается отходящий от канала к истоку Ивановскому небольшой ровик, видимо, по которому могла сбрасываться вода через «шлюз» в упомянутый исток.

Деривационный канал был построен весьма удачно. Вполне разумно его трасса отведена из пойменного участка к подножию сопки. Вся трасса хорошо следует за конфигурацией местности и имеет правильные радиусы закруглений и уклоны, сохраняя все время командное положение.

На основании обследования можно принять, что деривация обеспечивала у завода напор порядка 4,5—5,0 м, что также совпадает с архивными данными.

Прослеживающиеся остатки отводящего канала имели прямоугольные стенки, крепленные камнем. Остатки данного канала засыпаны теперь слоем шлака. Судя по данным обследования, отводящий канал имел в последнее время в длину около 75 м, тогда как при сооружении завода протяжение канала составляло 277 м. Такое изменение вызвано, видимо, тем, что р. Алей несколько изменила свое течение, приблизившись к заводу.

§ 5. ГАВРИЛОВСКИЙ ЗАВОД

Пример деривационной установки с водоудержательной плотиной представляет собой Гавриловский завод, построенный в 1792—1794 гг. в Салаирском крае на Алтае. Данный завод интересен и тем, что на нем применили не открытый деривационный канал, а деривационную штольню, используя опыт горных проходок.

Проект постройки Гавриловского завода, составленный в 1792 г., воспроизведен на чертеже, засвидетельствованном начальником алтайских заводов Г. Качкой¹ (рис. 35). Авторы проекта решили использовать естественную теснину, вдвое сокращающую в данном месте пойму р. Тальмовой. По замыслу проектировщиков отрог должен был составить по протяжению примерно на 107 м созданную природой плотину, к которой решили примкнуть искусственную плотину (по оси протяжением около 53 м), врезанную в отрог и в противоположный склон на левом берегу. По проектным данным плотина должна была обеспечить подпор на 3,9 м. В естественной части плотины-отрога запроектировали: «прорез для выпуску излишней воды». От левого угла плотины наметили провести на протяжении около 426 м открытый канал для подачи воды на гидрав-

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 315. «Чертеж местоположению для построения завода в 5 верстном расстоянии от Салаирского рудника при речке Большой Тальмовой. Сочинен 1792 г. марта 30 дня».

личные колеса завода, расположенного в удобном месте по левую же сторону от реки. На проекте показан в начале канала запор. Вода из канала должна была поступать по ларям на гидравлические колеса, приводящие в действие «цилиндрическую машину» сереброплавильного завода. В самом конце подающего воду канала решили соорудить пыльную мельницу. Отработавшая вода должна была отекать по водоотводным каналам: обратно в реку. Вокруг завода наметили постройку веерообразно расположенных кварталов поселения: «для казенного и партикулярного строения места».

Место для сооружения плотины, деривационного канала и завода с заводским поселением: оказалось выбрано чрезвычайно удачно.

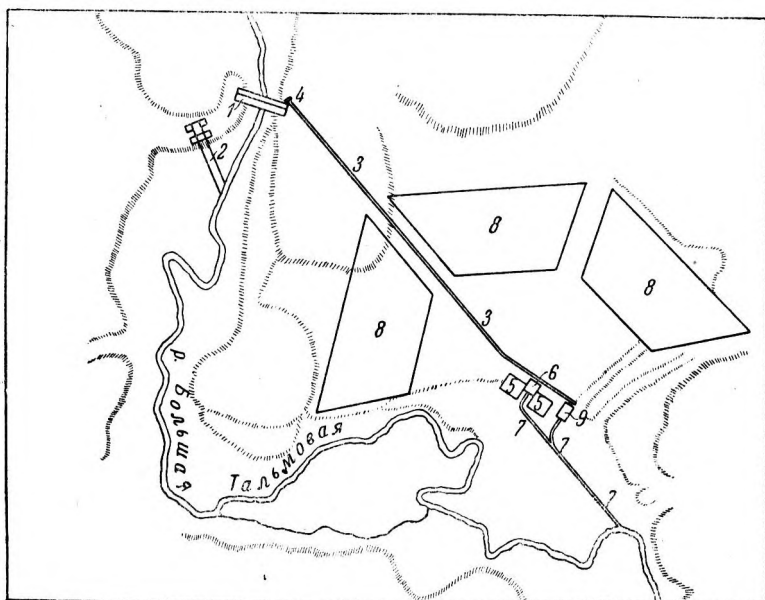


Рис. 35. Проект Гавриловского завода 1792 г. 1 — плотина; 2 — водоспуск; 3 — деривационный канал; 4 — запор у головы канала; 5 — завод; 6 — воздуходушная установка; 7 — каналы для сброса отработавшей воды; 8 — поселение; 9 — пыльная мельница (ЦГАНХ, Л.).

Включение в систему плотины естественного отрога значительно снижало издержки на строительство.

12 января 1792 г. Горный совет Кольвановоскресенских заводов рассмотрел и утвердил проект Гавриловского завода с одной существенной поправкой. Канал предложили заменить штольной, проведенной по прямой линии. Штольню считали более выгодной «по велику канал для избежания нанесения снегу и замерзания воды должно к зиме закрывать, а чрез прохождение штольнею на сие расстояние, оной расход миновать можно»¹.

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., опись 315/476, дело № 415, л. 9.

Вскоре завод построили; пустили его в действие в начале 1794 г. Рис. 36 воспроизводит чертеж завода, составленный в 1798 г¹.

Принципиальное отличие построенных сооружений от проекта в основном сводится только к тому, что вместо канала соорудили деривационный тоннель.

Примерно две трети тела плотины по ее длине были образованы естественным отрогом, умело использованным строителями, как намечалось проектом. Остальная часть плотины представляла, как и предполагалось, искусственное сооружение. Конструкция плотины на чертежах не показана. Скорее всего плотина состояла из земляной и каменной наброски. Судя по «осыпям», откосы плотины укреплены на всем протяжении ее как в естественной, так и

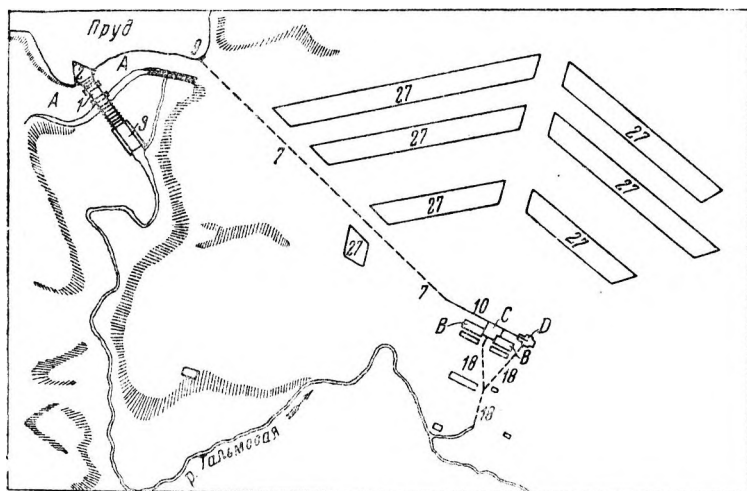


Рис. 36. Гавриловский завод 1798 г. А — плотина; 1 — водоспуск; 2 — внешний двор; 3 — сливной мост; 7 — штольня, подающая воду к гидравлическим колесам; 9 — запор для пуска воды в деривационную штольню; 10 — ларь. В — завод; С — воздухоудная установка; D — мусерная толчея; 18 — каналы для отработавшей воды; 27 — заводский поселок (ЦГАНХ, Л.).

в искусственной части. Наиболее основательно укрепили нижнюю сторону искусственно сооруженной части тела плотины: «с задней стороны частью выкладено камнем».

Водоспуск для сброса внешних вод правильно устроили в наиболее мощной части тела плотины, образованной естественным отрогом. Прорез в теле плотины укреплен набитыми щепнем и глиной деревянными свинками: «по бокам прореза и сливного мосту набитые щепнем и глиною деревянные свинки». Головное сооружение подающей воду штольни примыкает к левому углу плотины, где: «при устье штольня — для впуска воды запор».

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., опись 44/1130. дело № 316.

Плотина вододержательная, образующая, обширное водохранилище или «пруд», для удержания и запаса вод, несомых р. Большой Тальмовой в многоводные периоды года. В деривационной штольне устроили два «лихтлога», т. е. вертикальные смотровые колодцы.

Протяжение штольни около 310 м. Далее идет на расстоянии 75 м ларь, подающий воду гидравлическим колесам: «часть от выхода штольня веденная на действие ларем».

Заводский узел расположили в общих чертах соответственно проекту.

В дальнейшем планировка заводского строения соответственно развитию размеров производства и вводу новых агрегатов несколько изменилась¹.

Деривационные схемы получили во второй половине XVIII в. распространение также в Забайкалье на Нерчинских заводах. Планы заводов Кутомарского, Екатерининского, Газимурского, Александровского на; р. Тальмане, составленные в 1797 г., свидетельствуют, что строители Нерчинских заводов к тому времени также добились выдающихся успехов в деле применения деривационных схем.

Кутомарский и Екатерининский заводы были построены на р. Кутомаре в 4 км от ее впадения в р. Среднюю Борзю и примерно в 75 км от Нерчинского завода. Кутомарский завод выплавлял серебро с 60-х гг. XVIII в. до 60-х гг. XIX в. Примерно в 1 500 м от завода на р. Кутомаре была сооружена вододержательная плотина². От правого конца плотины провели к заводу канал, подававший воду в лари, по которым вода поступала в заводские цехи. Отработавшая вода сбрасывалась в речку по каналу: «проток для стеку ис под колес воды». Ниже Кутомарского был расположен Екатерининский завод также с вододержательной плотиной и подачей воды по каналу от последней к заводу. (В обоих случаях строители сумели расположить заводские площадки на сравнительно значительном расстоянии от реки.

§ 6. ГИДРОСИЛОВАЯ УСТАНОВКА К. Д. ФРОЛОВА НА ЗМЕИНОГОРСКОМ РУДНИКЕ

В 80-е гг. XVIII в. Козьма Дмитриевич Фролов создал на Змеиногорском руднике одно из наиболее замечательных инженерных сооружений того времени. Смелость и уверенность творца гидросиловой установки Змеиногорского рудника, продуманность, надежность, целесообразность и грандиозность ее поражали впоследствии; инженером XIX в.³

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 344. «Чертеж казенному и партикулярному домовому строению Гавриловского завода», засвидетельствованный бергмейстером 8-го класса Фроловым.

² Там же, дело № 2568.

³ «Горный журнал», 1827, кн. VII, стр. 159.

Осмотр остатков Змеиногорской установки, произведенный нами в 1938 г., вызвал у нас чувство преклонения перед ее творцом, сумевшим в 80-е гг. XVIII в. на далеком Алтае одержать одну из величайших побед в технике того времени. Все строительство он провел с самыми примитивными средствами и при неблагоприятном отношении начальства.

После постройки корбалихинских похверков Фролов вел большую творческую работу, но вел ее преимущественно анонимно. Важнейшие документы этого времени, представляющие непосредственный результат творчества К. Д. Фролова, не имеют его подписи и идут от имени других лиц. Таковы, например, документы из дела «Рапорт Канцелярии горного начальства (сколько) при Змеевском руднике над Екатерининским трейб-шахтом водоподъемной машине потребно припасов, материалов, мастеровых и работных людей»¹. Последующие документы определенно называют проект, составляющий предмет данного дела, проектом Фролова. В документе за 15 декабря 1783 г. прямо говорится, что автором «предприемлего в 1773-м году плану» был К. Д. Фролов, «проектировавший... вододействуемую машину»⁵. Так сказано как бы в противовес документам 1772 г., избегающим даже упоминания имени Фролова³.

Документы свидетельствуют, что в 70-е гг. XVIII в. Козьма Дмитриевич начал разработку несравненно более сложной задачи, чем все предшествующие, блестяще решенные им.

Кабинет требовал от алтайского начальства все больших количеств золота и серебра, основным поставщиком которых был, как сказано, Змеиногорский рудник. Работа же на нем становилась все более затруднительной. По мере разработки рудник становился все глубже и глубже. Все труднее было обеспечить подъем руды и удаление воды, заливавшей рудник. Конные подъемники, первый из которых устроили здесь (первый и на Алтае) еще в 1752 г., не могли уже справиться с работой. Такие мероприятия, как вывод воды по горизонтальным штольням из горы, пользуясь особенностями рельефа, уже были полностью использованы. Оставалось только попытаться применить водяные колеса для обслуживания рудоподъемников и водоподъемников.

25 октября 1772 г. Кольвановоскресенское горное начальство отправило в Кабинет рапорт, подписанный Ирманом, Кузнецовым, Черницыным, Пастуховым и Бахтеревым⁴. К рапорту приложили смету под заглавием: «Смета, учиненная, колико к построению при Змеиногорском руднике над Екатерининским трейб-шахтом водо-

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., дело № 228, лл. 1—15.

² Там же, дело № 362, л. 1.

³ Все затронутые вопросы, а также в целом вся деятельность К. Д. Фролова детально освещаются в специальной нашей монографии, посвященной его жизни и делам. Поэтому ограничиваемся здесь только самыми краткими справками по данному вопросу.

⁴ Там же, дело № 228, лл. 1—4.

подъемной машины потребно: припасов, материалов, а также мастеровых и работных людей».

Кроме того, был составлен чертеж (рис. 37): «Чертеж, сочиненный вновь назначенному под строение плотин и от оного каналу к вододействию, к поднятию из внутренних горных работ вод, — колесу; также, где оному колесу и полевой к Екатерининской трейб-шахте машинам (шатунам — В. Д.) быть должно»¹.

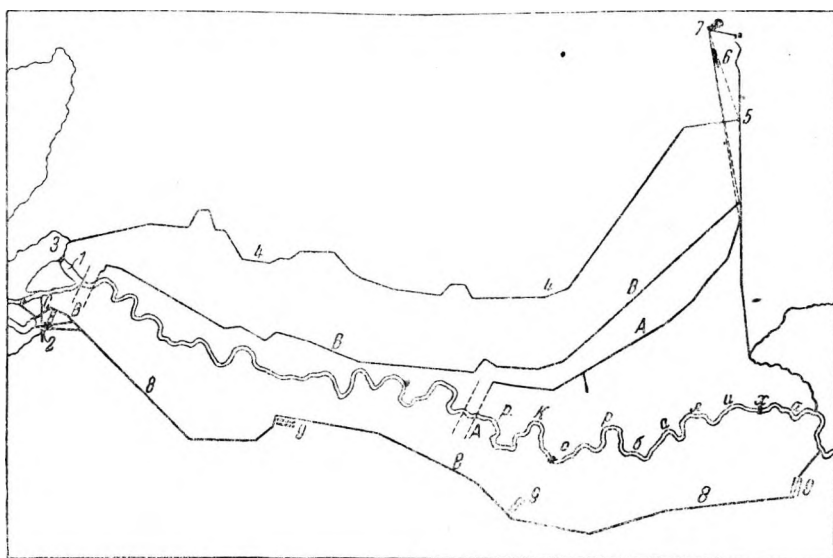


Рис. 37. Проект устройства плотин, каналов и приводных устройств для водоподъемной машины при Екатерининской шахте Змеиногорского рудника 1772 г. *A* — место, пригодное для постройки плотины при среднем корбалихинском похверке, и проект канала от этой плотины; *B* — место, пригодное для постройки плотины ниже флютвера, где начинался канал к верхнему корбалихинскому похверку, и проект нового канала от намеченной здесь плотины; *C* — место для постройки плотины при самом флютвере, признанное наиболее подходящим и для которого была разработана смета. *1* — водоспуск; *2* — прорез для подачи воды в канал к корбалихинским похверкам; *3* — прорез для подачи воды в канал к проектируемой водоподъемной машине; *4* — канал к упомянутой машине; *5* — вододействие колесо; *6* — передаточный механизм от колеса к шахте (полевые шатуны); *7* — Екатерининская трейбшахта; *8* — деривационный канал корбалихинских похверков; *9* — похверки (ЦГАНХ, Л.).

Ни на рапорте, ни на смете, ни на чертеже — подписи Фролова нет; о нем даже не упоминается, хотя автором проекта и сметы был именно он.

В рапорте сообщали, что в результате углубления Екатерининской шахты ниже резервного орта и Крестительской штольни: «вода от времени до времени по количеству углубления оной (шахты — В. Д.) столько умножилась, что в тогдашнее время дву-

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., дело № 4, л. 253.

мя насосами, употребляемыми в одну шахту, в три перемены (смены — В. Д.) по два (человека на каждом — В. Д.) итого двенадцатью человекам, — осилить и на мере содержать с крайним трудом, а по большем углублении и совсем оную удержать будет невозможно». При таком положении, как сообщает документ, происходили «в углублении и креплении... не малая остановка и излишние расходы».

Глубина Екатерининской шахты составляла в это время 55 м.

«За безмерно усиливающимся умножением воды» решили остановить здесь работы впредь до постройки вододействующей водоподъемной машины. Воду, затопившую шахту и поднимающуюся до горизонта Крестительской штольни, решили спускать через резервный орт в упомянутую штольню, шедшую через гору на протяжении 1 050 м к устью реки Змеевки¹.

Обследование показало, что ни два, ни три конных подъемника не могут справиться с удалением воды из Екатерининской шахты. Составители рапорта писали, что «иного способу не остается» кроме устройства специальной водоудержательной плотины на р. Корбалихе возле флютвера, от которого шел канал, подающий воду к корбалихинским похверкам². Кроме того, на чертеже (рис. 37) показали еще два места для возможной постройки плотины, считавшиеся менее выгодными. Наиболее существенным было предложение Фролова заменить легкий «флютвер» (водоподъемную плотину) солидной новой водоудержательной плотиной с тем, чтобы обеспечить Достаточный запас вод для работы водяных колес на самом руднике и на корбалихинских похверках.

Как показывает детальная выкопировка из чертежа (рис. 38), Фроловым было намечено сооружение плотины, очень хорошо примененной к местности. Вода из прореза должна была поступать через затвор в канал, ведущий к одному из лихт-логов (смотровых шахт) Крестительской штольни. Здесь должно было быть установлено водяное колесо, приводящее в действие систему рычагов — полевые шатуны, — для передачи механической энергии от этого колеса к насосам Екатерининской шахты. Диаметр водяного колеса должен был равняться 8 саж. (17 м). Вода, отработанная на колесе, должна была сбрасываться в Крестительскую штольню, стекая по ней в р. Змеевку, как это показано на чертеже.

Таков в общих чертах первый созданный К. Д. Фроловым проект организации водоотлива в Змеиногорске.

2 июля 1772 г. прислали в Барнаул из Змеиногорской конторы проект и смету, разработанные К. Д. Фроловым, указавшим, что наиболее выгодно строить плотину на месте, обозначенном на чертеже литерой С (рис. 37). При этом получался наименьший размер плотины. Кроме того, хотя канал и получался длиннее, чем

¹ Крестительская штольня специально была пройдена через гору «для выпуска из работ воды».

² К этому времени К. Д. Фролов построил еще третий похверк при рассмотренной выше системе корбалихинских похверков и каналов.

при других вариантах, но он проходил по более ровной местности, по мягкой земле и его можно было делать менее глубоким.

На время постройки плотины проектировщик предложил пройти для пропуска вод р. Корбалихи штольню длиной в 160 м, через мыс горы, примыкающей в месте постройки плотины к правому

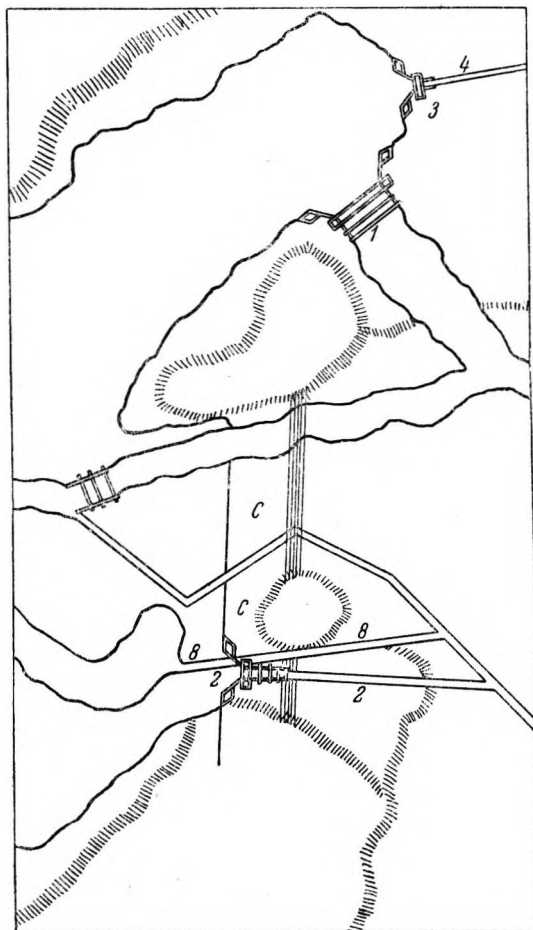


Рис. 38. Плотина на Корбалихе по проекту К. Д. Фролова 1773 г. (к рис. 37). С — плотина; 1 — водоспуск; 2 — прорез, подающий воду к корбалихинским похверкам; 3 — прорез для подачи воды по каналу 4 к рудничной гидросиловой установке; 8 — штольня для сброса воды р. Корбалихи во время строительства. (ЦГАНХ, Л.).

берегу р. Корбалихи. Обследование показало, что штольня должна проходить 53 м «по разборному камню» и глине, где потребуются крепление. Проходка остальных 107 м штольни по крепкому известняку предполагалась «посредством пороху», т. е. взрывных работ. В этой части штольни крепи, конечно, небыли нужны.

Фролов, как опытный горняк, при постройке гидротехнических сооружений последовательно и широко пользовался всеми возможными приемами и орудиями горной техники.

Для общего представления о размерах намечавшегося строительства ограничимся несколькими справками. Для постройки плотины одной глины было необходимо привезти 291 000 м³.

Издержки на оплату земляных работ, из расчета 5 коп. пешим и 10 коп. конным рабочим в день, составляли 9 468 р. 29½ к.

На постройку одного водяного колеса требовалось 83 больших бревна (длиной от 5 до 16 аршин,

при диаметрах от 6 до 16 вершков). На оковку деталей колеса и на изготовление к нему подшипников, шипов и т. д. — свыше 250 пуд. железа. Для постройки «полевых шатунов» от водяного колеса до насосной установки предстояло израсходовать свыше 750

больших бревен, да свыше 320 пуд. железа и т. д. Общая стоимость всех работ по смете Фролова сосавляла 14 892 р. 18¹/₂ к.

Учитывая, что в то время пешему приписному крестьянину на заводской работе платили 5 коп. в день, данная сумма была достаточна для оплаты почти 300 000 человекодней.

Очень нескоро и в значительно ином виде удалось осуществить Фролову намеченную им задачу.

За первым проектом последовали второй, третий — еще более смелые и совершенные. Но в настоящей работе мы не будем на них останавливаться. Рассмотрим, что представляла собой установка, которую удалось впоследствии осуществить.

Для этой цели ограничимся использованием только двух из многих собранных и изученных нами по работе Фролова чертежей XVIII в.

Прежде всего рассмотрим составленный в декабре 1787 г. чертеж, озаглавленный: «Фасад, построенным при Главном Змеиногорском серебро и золотодержащем руднике для выливки из внутренних горных работ воды и подъему добываемых руд вододействуемым машинам. Сочинено по декабрь месяц 1787-го года»¹ (рис. 39).

В верхнем левом углу чертежа видна глиняная плотина 1, имевшая размеры: длина 128 м, ширина по гребню 21,3 м и понизу 96 м при высоте до 21 м. Напор у штольни 2, подававшей воду к гидросиловой рудо- и водоподъемной установке, составлял около 6,5 м.

У устья штольни 2 был устроен «цилиндрическою фигурую исплитного камня» бассейн 3 — головное водозаборное сооружение (высота бассейна 6,4 м при диаметре 4,3 м).

Из него вода поступала «по пропорциям» в штольню через чугунную трубу с запором. Штольня была пройдена от берега пруда по шиферу (445 м) и глине (90 м) всего на расстояние 535 ж. Здесь вода из штольни поступала в каналы 4, подававшие воду в двух направлениях: к установке для промывки руд («плангерты») и к пильной мельнице 40. Протяжение канала до пильной мельницы составляло 64 м. Пройдя через колесо пильной мельницы, — первое из последовательно расположенной системы колес, — вода снова поступала в канал длиной в 107 м, подававший воду к водяному колесу рудоподъемной машины при Екатерининской шахте.

На глубине 6,4 м в конце канала *d* был устроен «кунштштат» 5 — подземная выработка в красной глине, облицованная плитным камнем. В «кунштштате» была установлена рудоподъемная машина. На горизонтальном валу 41 находилось водяное наливное колесо 42, имевшее в диаметре 4,3 м. Колесо было двойное, т. е. представляло как бы спаренные два колеса, перья (лопатки) которых были направлены в противоположные стороны: «перегорожено по половине особым кругом... таким образом, что в одной половине перия

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, 1787, дело № 75.

(лопатки — В. Д.) друг к другу против сложенные и именуется двойное».

На том же валу 41 находилось предназначенное для остановки водяного колеса тормозное колесо 43 диаметром 10,6 м («остановочное колесо»). Вокруг тормозного колеса были устроены тормозные колодки «рамы» 44.

Вода на водяное колесо поступала по желобам 45 с двумя «ставнями» или спусками.

Над самой шахтой был установлен «сарай» 50, из которого шли штанги 46, соединенные с полубалансирами. При помощи штанг осуществлялось управление работой водяного двигателя.

Открывая по мере потребности тот или иной спуск при помощи штанг 46, можно было пускать воду то на одну, то на другую половину колеса. Соответственно благодаря противоположному направлению лопаток получали вращение колеса в противоположные стороны. Таким образом осуществлялось поочередное наматывание на вал и сматывание с него перекинутых через блоки 48 канатов, на концах которых были укреплены «кибели» — бадьи для подъема руды.

В надшахтном здании находился рабочий, управлявший рудоподъемной машиной при помощи трех горизонтальных валиков 47: два для перемещений штанг, соединенных с водяными затворами, и один для перемещений штанги, соединенной с тормозным колесом.

Когда из шахты поднималась к «рундуку» 51 бадя с рудой, рабочий поворачивал валики 47. Вделанные в валики рукояти соответственно передвигали штанги 46 и вся машина начинала работать в направлении, противоположном имевшему до этого место. Глубина Екатерининской шахты в это время составляла 102,4 м.

Выполнив работу на колесе рудоподъемной машины, водяной поток направлялся на расстояние 62 м по пройденной по глине и облицованной камнем штольне 7 к водяному колесу 53 Екатерининской водоподъемной машины. До этого пункта пробег воды от пруда составлял уже в общем 768 м.

Екатерининское водяное колесо для подъема воды находилось в «кунштшате» 6, выработанном по красной глине до шифера и облицованном плитным камнем. «Кунштштат» — эллипсоидальной формы — достигал в диаметре 21,3 м.

Диаметр водяного колеса 53 составлял 17 м. Колесо находилось на валу с кривошипом («коленчатой шип»). Кривошип 52 был соединен с шатуном 54, шарнирно сочлененным с тягой 55. Тяга проходила через «кунштштрек» 8, пройденный на 45 м по глине и облицованный камнем. Благодаря вращению водяного колеса тяга («лежачей штанг») 55 совершала возвратно-поступательные движения, перемещаясь по роликам 56. У выхода из «кунштштрека» в ствол шахты 13 тяга была сочленена с полубалансирами 57, с противоположным концом которых были подвешены вертикальные тяги 58, достигавшие до самого дна шахты 13. А шахта в то время, как сказано, была глубиной 102,4 м. На дне шахты вертикаль-

ные тяги приводили в действие тяги водоподъемных насосов поршне-
вой конструкции 60.

Во время составления чертежа одна из вертикальных тяг 58
была использована еще для одной цели. Пока Екатерининская
шахта не была доведена до самых глубоких работ в руднике, тяга
временно приводила в действие вспомогательную водоподъемную
установку.

Конец вертикальной тяги 58 был сочленен с полубалансиром
61, при помощи которого приводилась в движение горизонтальная
тяга 62, проходившая на роликах 63 через Рождественский ре-
зервный орт 14. В конце последнего тяга 62 приводила в движе-
ние вертикальный «ворот» 64, через штангу 65, приводивший в
действие в Александровском гезенге 15 полубалансиры 66, штанги
67 и насосы 68.

Насосы стояли в гезенге на глубину 17 ль

Выполнив работу на водяном колесе 53 Екатерининского водо-
подъемника, вода следовала далее к рудо- и водоподъемной уста-
новке Вознесенской шахты 17.

От основания Екатерининского «куншттата» 6 был пройден и
облицован камнем «орт» 9; сначала по красной глине 256 м, затем
по шиферу 64 м, всего 320 м. «Орт» 9 подавал воду в Вознесен-
ский «куншттат» 10, в котором находилось водяное колесо 70.
Общий пробег воды от пруда составлял в это время 1 088 м.
«Куншттат» 10, выработанный в роговике («горнштейн»), имел в
диаметре 21,3 м при ширине 2,1 м. Только одна из стенок «кунст-
шттата», оказавшаяся слабой, была облицована камнем.

Вознесенское водоподъемное колесо 70 имело в диаметре 16 ль

Колесо находилось на валу с кривошипом 69. Так же как и при
Екатерининском водоподъемном, кривошип Вознесенского колеса
приводил в действие шатун или «поварню» 71, шарнирно сочле-
ненную с тягой 72, лежавшей на роликах 73. Тяга проходила через
«куншттрек» 11, имевший протяжение 34 м и облицованный кам-
нем. У конца «куншттрека», противоположного колесу, конец
тяги 72 был сочленен с полубалансирами 74, приводившими в дей-
ствие вертикальные штанги 75 в Вознесенской шахте 17. Штанги
приводили в действие при помощи рычагов 76 штоки поршневых
насосов 77, установленных в несколько этажей до дна шахты на
глубину 60 ль

Кроме того, тяга 72 Вознесенского водоотливного колеса при-
водила в действие две вертикальные штанги 78, шедшие вверх в
шахтную надстройку 87, где была установлена рудоподъемная ма-
шина, названная в описании Фролова «патер-ностер».

Вертикальные штанги 78 приводили в действие полубансиры 79;
полубалансиры передвигали вперед и назад горизонтальные тяги 80,
вызывавшие колебательные движения вокруг оси балансира 81.
На концах последнего были укреплены «железные крюки или
храпы» 82. Храповики поочередно действовали на огромное зубча-
тое колесо, прикрепленное к барабану-«вьюхе» 84, монтированному
на горизонтальном валу. При наличии двух храповиков Фролов су-
мел добиться непрерывного вращения барабана 84, на котором

были подвешены бесконечные цепи с бадьями-«кибелями» 85. Таким образом установка действовала как нория. Шкив 86, расположенный под барабаном, играл роль направляющего.

Вода, поднятая насосами Екатеринбургской и Вознесенской машин, поступала в Крестительскую штольню 12.

Туда же стекала вода, отработавшая на водяных колесах. По Крестительской штольне вода проходила 1 050 м и вытекала в р. Змеевку. Следовательно, общее протяжение пробега рабочей воды от места забора ее в пруду до места сброса в р. Змеевку составляло около 2 200 м.

Действительно грандиозную задачу разрешил обер-бергмейстер Змеиногорского рудника Козьма Дмитриевич Фролов. Во всем блеске здесь развернулся его талант, как механика, гидротехника, строителя и горняка. Просто и изящно осуществлял он такие сложные задачи, как превращение прямолинейных движений в круговые (Вознесенский рудоподъемник). Смело проходил штольни на сотни метров. Уверенно устраивал для водяных колес подземные выработки, превышавшие по высоте 21 м. Умело сочетал он уже существовавшие проходки с новыми, создавая свою циклопическую установку.

Весь практический мировой опыт рудоподъема и водоподъема учел Фролов, переработал по-своему и создал единственную в своем роде гидросиловую установку, полностью оправдавшую надежды творца ее.

Змеиногорская установка продолжала успешно действовать через много десятков лет после смерти К. Д. Фролова.

На протяжении ее существования она подвергалась некоторым изменениям в связи с ходом развития работ на руднике.

Рис. 40 воспроизводит составленный в конце XVIII в. — «Чертеж, изображающий поверхностное строение Змеиногорского рудника»¹. Чертеж подписан сыном строителя Петром Козьмичем Фроловым (талантливым техником, прославившимся впоследствии постройкой первой чугунной дороги в России в 1806—1809 гг. на том же Змеиногорском руднике²). В левом нижнем углу чертежа показана вспомогательная плотника 2, перегораживающая пруд 1. Хорошо видно водозаборное сооружение — бассейн 3, от которого идет подающая воду к машинам штольня с смотровыми колодцами — лихт-логи 4. У последнего из лихт-логов штольня раздваивается и идут две штольни, из которых вода подавалась через устья 5 в систему каналов 6. В отличие от 1787 г. не штольня подавала воду в раздваивающийся канал, а сама штольня раздваивалась. Несколько были изменены и самые водоподающие каналы и штольни, образовывавшие замкнутую систему, позволявшую в случае необходимости самостоятельное обслуживание отдельных звеньев установки, перечисленных в экспликации, данной к рис. 40.

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, дело № 349.

² В. Д а н и л е в с к и й, Первая чугунная дорога на Алтае, построенная в 1806—1809 гг., «Труды ЛИИ», 1939, т. IV.

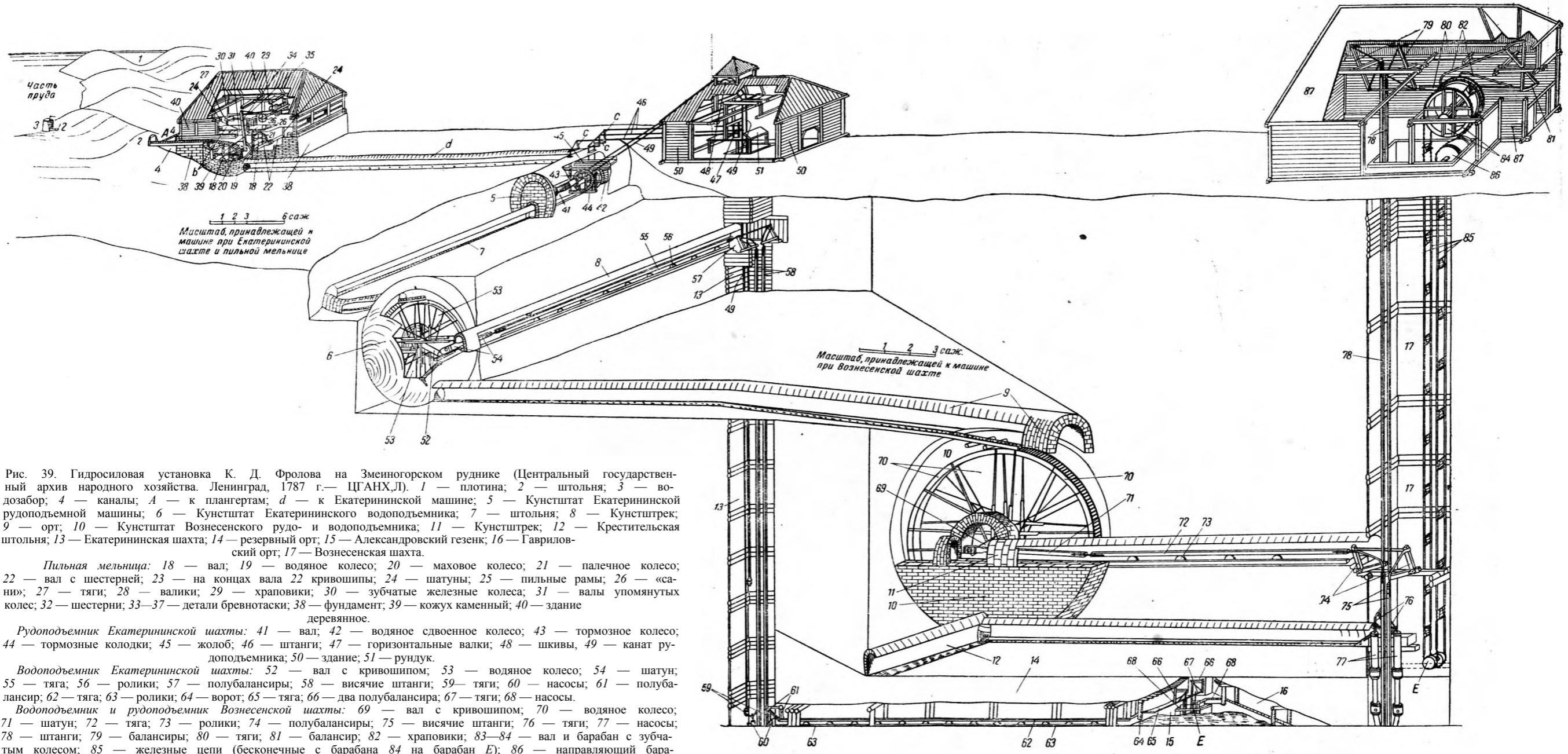


Рис. 39. Гидросиловая установка К. Д. Фролова на Змеиногорском руднике (Центральный государственный архив народного хозяйства. Ленинград, 1787 г.— ЦГАНХ.Л). 1 — плотина; 2 — штольня; 3 — водозабор; 4 — каналы; А — к плангертам; d — к Екатерининской машине; 5 — Кунштатат Екатерининской рудоподъемной машины; 6 — Кунштатат Екатерининского водоподъемника; 7 — штольня; 8 — Кунштатрек; 9 — орт; 10 — Кунштатат Вознесенского рудо- и водоподъемника; 11 — Кунштатрек; 12 — Крестительская штольня; 13 — Екатерининская шахта; 14 — резервный орт; 15 — Александровский гезенк; 16 — Гавриловский орт; 17 — Вознесенская шахта.

Пильная мельница: 18 — вал; 19 — водяное колесо; 20 — маховое колесо; 21 — палечное колесо; 22 — вал с шестерней; 23 — на концах вала 22 кривошип; 24 — шатуны; 25 — пильные рамы; 26 — «сани»; 27 — валики; 28 — валики; 29 — храповики; 30 — зубчатые железные колеса; 31 — валы упомянутых колес; 32 — шестерни; 33—37 — детали бревнотаски; 38 — фундамент; 39 — кожух каменный; 40 — здание деревянное.

Рудоподъемник Екатерининской шахты: 41 — вал; 42 — водяное сдвоенное колесо; 43 — тормозное колесо; 44 — тормозные колодки; 45 — желоб; 46 — штанги; 47 — горизонтальные валки; 48 — шкивы; 49 — канат рудоподъемника; 50 — здание; 51 — рундук.

Водоподъемник Екатерининской шахты: 52 — вал с кривошипом; 53 — водяное колесо; 54 — шатун; 55 — тяга; 56 — ролики; 57 — полубалансиры; 58 — висячие штанги; 59 — тяги; 60 — насосы; 61 — полубалансир; 62 — тяга; 63 — ролики; 64 — ворот; 65 — тяга; 66 — два полубалансира; 67 — тяги; 68 — насосы.

Водоподъемник и рудоподъемник Вознесенской шахты: 69 — вал с кривошипом; 70 — водяное колесо; 71 — шатун; 72 — тяга; 73 — ролики; 74 — полубалансиры; 75 — висячие штанги; 76 — тяги; 77 — насосы; 78 — штанги; 79 — балансиры; 80 — тяги; 81 — балансир; 82 — храповики; 83—84 — вал и барабан с зубчатым колесом; 85 — железные цепи (бесконечные с барабана 84 на барабан E); 86 — направляющий барабан; 87 — сарай надшахтный, тесовый.

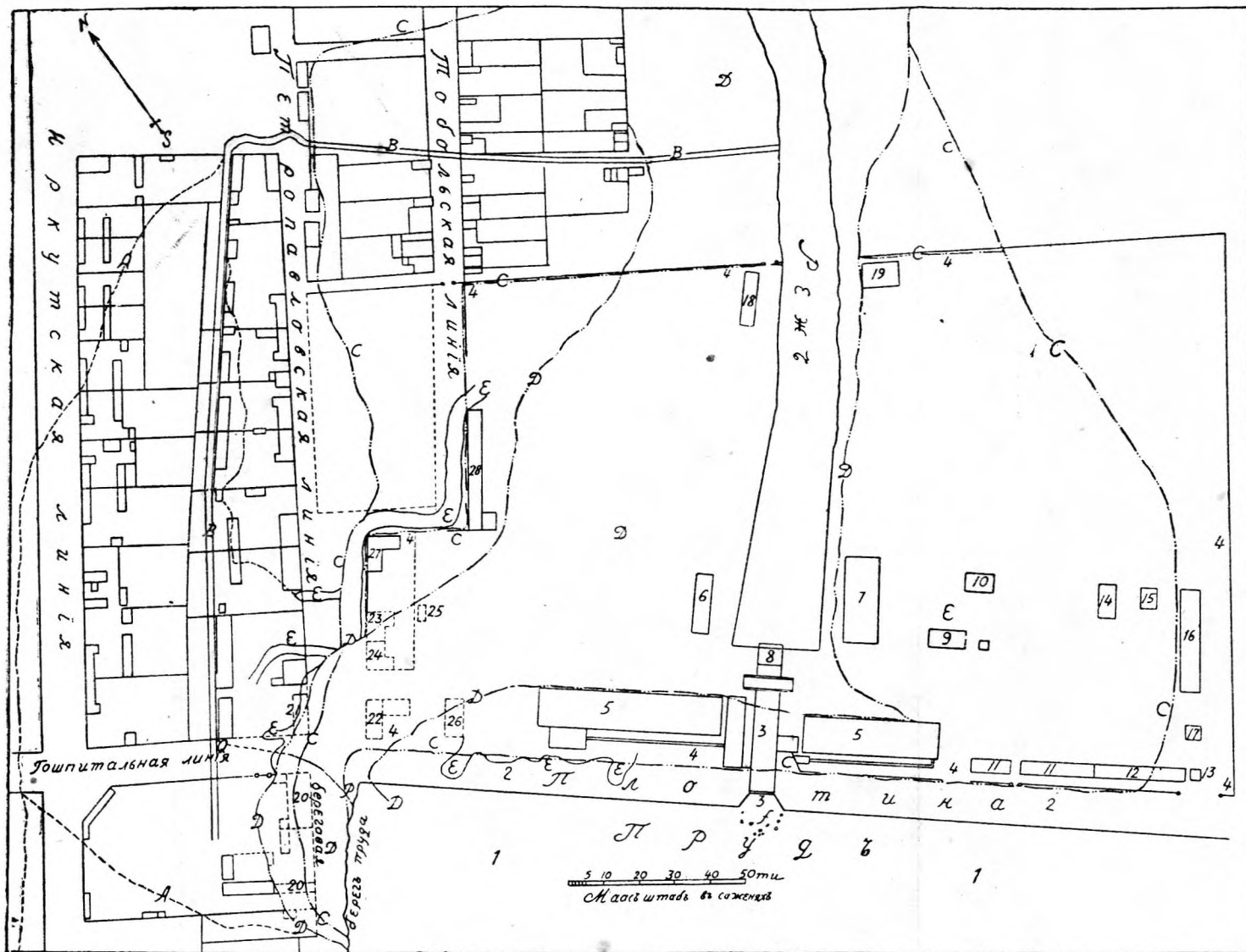


Рис. 21. План Барнаульского завода со схемой паводка 1793 г. 1 — часть пруда; 2 — плотина (показаны повреждения); 3 — водоспуск со сливным мостом; 4 — ограда завода; 5 — завод; 6 — кузница; 7 — обжигальня; 8 — гиттеншрейберская; 9 — весы; 10 — меховая; 11 — сарай для шлихов; 12 — сарай для артиллерии; 13 — пороховой каменный погреб; 14 — плотничная изба; 15—17 — сараи; 18 — салотопня; 19 — пеплопромывальная.

Совершенно разрушенные водой здания: 20 — дом наместника; 21 — каменная кладовая, в которой хранилась заводская и губернская казна, библиотека, шуфрой и физический кабинеты; 22 — гауптвахта и тюрьма; 23 — горная экспедиция; 24 — наместническое правление; 25 — каменный магазин; 26 — лаборатория; 27 — заводская контора; 28 — припасные магазины (обозначение пунктов и литер дано в тексте) (ЦГАНХ, Л.).

Такова установка, созданная трудами Козьмы Дмитриевича Фролова. Такой высший предел технического творчества в области гидроэнергетической практики, достигнутый в нашей стране в XVIII в.

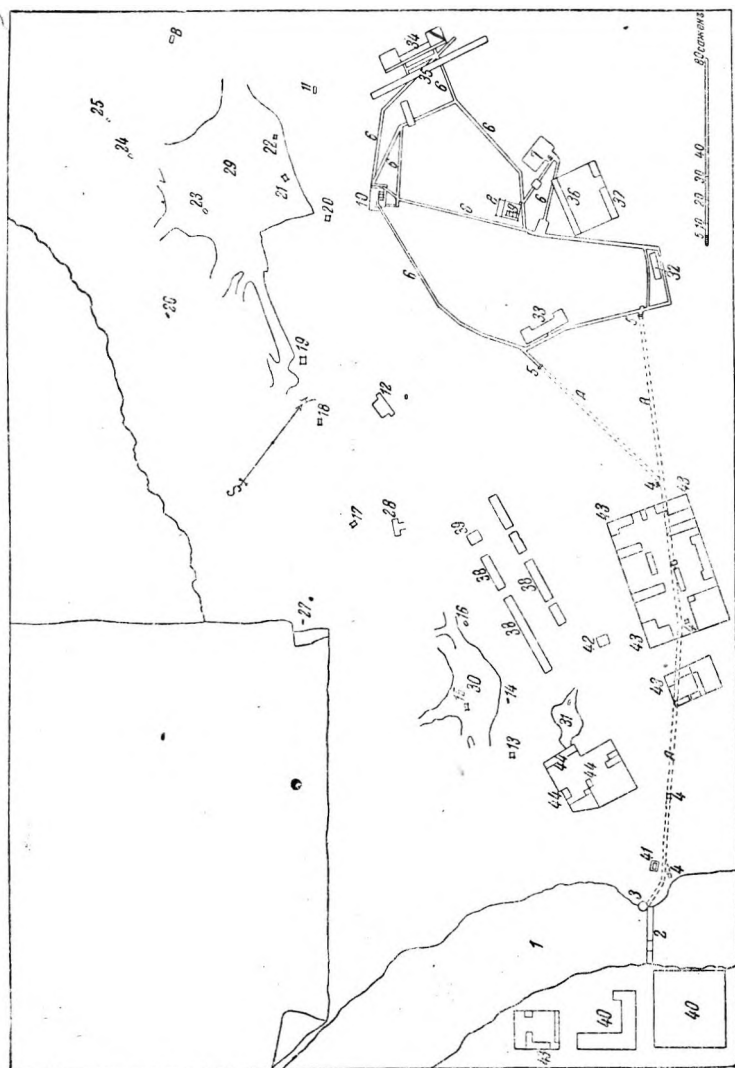


Рис. 40. План Змеиногорского рудника в 90-е гг. XVIII в. 1 — часть пруда; 2 — плотина (?); 3 — водозаборный бассейн; 4 — лихтоги; 5 — устье штольни, подающей воду; 6 — каналы; 7 — «кунштат» Екатеринбургской водоподъемной машины; 8 — «кунштат» Екатеринбургской доподъемной машины; 9 — Екатеринбургская рейбшахта; 10 — Преображенская рейбшахта; 11—23 — шахты; 24—27 — устья штолен; 28 — пороховой погреб; 29—30 — разнос; 31 — шурф; 32 — пыльная мельница; 33 — кузница; 34 — плангерты; 35 — рудоразборный сарай; 36 — плотничный сарай; 37 — амбар; 38 — магазины; 39 — весы; 40 — госпиталь; 41 — салотопня; 42 — лаборатория; 43 — дома офицеров; 44 — конюшни (ЦГАНХ, Л.)

На Западе в то время одним из мировых чудес числилась установка в Марли (гл. III). Сопоставление наиболее выдающейся западно-европейской установки с Змеиногорской весьма показательно, прежде всего по самому назначению. Кроме того, снабжение водой дворцовых фонтанов допускало возможность того, что, как указывалось, обычно далеко не все колеса я Марли действовали.

У Фролова же по самому принципу установка была в полном смысле слова полностью непрерывно действующей, да и не могла быть иной на руднике. В противовес свидетельствам о плохой работе установки в Марли мы не знаем никаких нареканий на установку Фролова.

Даже самые наливные колеса у Фролова (известные также и на Западе) были более производительными, чем подливные колеса в Марли. Да и по самым размерам колеса Фролова были крупнее, чем в Марли (диаметры колес: в Марли 12 м, у Фролова. Екатерининское водоподъемное — 17 м и Вознесенское — 16 м). Вдобавок ко всему строители установки в Марли; работали при солнечном свете, а Фролов устанавливал колеса на глубине десятков метров под землей.

Нам представляется, что установка Фролова имела по части техники выполнения все преимущества по сравнению со считавшейся совершеннейшей установкой XVIII в. для Запада.

Да и для нас теперь, в СССР, в стране величайшего, в истории расцвета большой и малой гидроэнергетики, установка Фролова представляется замечательной, как один из наиболее ярких примеров того, что можно сделать в области гидроэнергетики при наличии самых примитивных инструментов и материалов и при наличии несокрушимого энтузиазма и воли к победе.

Поставим себя в положение строителя, располагающего исключительно ручным оборудованием, — в числе которого самым сложным является примитивный, деревянный ворот — и могущего использовать для строительства только такие материалы, как дерево, обычное железо, глину, камень. Никаких лабораторий для испытаний строительных материалов тогда не было. Вспомним и те измерительные инструменты, которые мог применить Фролов для проходки более чем тысячи метров водопроводящих штолен с требующимися уклонами и т. д. Представим себе, как работал в тех условиях Козьма Дмитриевич Фролов, не боясь производственного риска, осуществивший свое грандиозное предприятие в тяжелых условиях феодально-крепостнической России. Трудно теперь оценить полностью великую силу воли, непоколебимую уверенность в победе, исключительные трезвость и расчет, глубочайшее знание дела и великую любовь к нему, которые проявил этот замечательный сын своего народа, преодолевая все препятствия и побеждая. Установка Фролова имеет не только историческое значение, хотя бы уже потому, что отдельные звенья ее могут быть использованы, да отчасти и используются при современной эксплуатации Змеиногорского рудника (штольни для подачи и сброса воды и т. д.). Не исключена возможность, что тщательное изучение техники сооружения и отдельных технических приемов Фролова может представить практический интерес. Но еще большее значение имеет то, что деятельность Фролова показывает каждому работающему в области большой и; малой гидроэнергетики (да и не только гидроэнергетики), как много можно сделать, следуя примеру таких замечательных сыновей русского народа, как великий гидротехник XVIII в. — Козьма Дмитриевич Фролов.

§ 7. ОСНОВНЫЕ ИТОГИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЕРИВАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В РОССИИ XVIII в.

Далеко не исчерпывая собранных нами материалов, полагаем, что изложенного достаточно для того, чтобы убедиться в выдающихся успехах русских гидротехников XVIII в. в деле строительства деривационных гидросиловых установок:

1. Русские гидротехники на практике опровергли в XVIII в, мнение выдающихся специалистов-иностранцев о невозможности применения деривационных схем в России, перейдя на Алтае и в Забайкалье во второй половине XVIII в. к строительству исключительно деривационных установок.

2. Деривационные установки были созданы именно в районах с наиболее неблагоприятными климатическими условиями (Сибирь: алтайские и нерчинские заводы).

3. Деривационные установки сделали возможным удаление заводских площадок в места: во-первых, безопасные в смысле разрушения заводов паводками и, во-вторых, избавленные от заблачивания фильтрующимися водами, очень частого при применении плотинных схем.

4. Исключительно благодаря деривационным установкам стало возможным применять на заводах того времени помимо водоудержательных также и рассчитанные на заиливание и не боящиеся паводков водоподъемные плотины в виде следующих вариантов:

- а) сланевые пороги;
- б) «езы» или сланевые плотины;
- в) флютверы.

5. Не имея возможности при применении водоподъемных плотин регулировать подачу воды в деривационные каналы, русские гидротехники выработали много вариантов дополнительных мероприятий для регулировки (пруд-регулятор Алейского завода, последующее использование староречья на Локтевском заводе).

6. Применение деривационных установок сделало возможным использование больших, чем прежде, рек и, что особенно важно, рек с катастрофическими паводками.

7. Изученные материалы по деривационным установкам свидетельствуют, что русские гидротехники XVIII в. удачно располагали сооружения, тщательно применяясь к местности и умело используя все наличные особенности рельефа (например, использование части естественного отрога при сооружении плотины Гавриловского завода, устройство сброса Головиным и т. д.).

8. Обращает на себя внимание сооружение могущих выдержать требования современной техники деривационных каналов, умело примененных к местности с обеспечением каналам командного положения.

9. Вопреки попыткам иностранных специалистов обогреть подающие воду сооружения (Гаскойн на Кончезерском заводе), русские гидротехники сумели обеспечивать действие деривационных каналов, защищая их от замерзания только накладыванием жердей с последующей завалкой сеном, соломой, навозом.

10. Значительные успехи были обусловлены использованием опыта смежных отраслей: например, устройство деривационных штолен на основе технического опыта, накопленного при горизонтальных проходках на рудниках.

11. Вся работа по деривационным установкам производилась за счет использования ограниченного ассортимента исключительно местных строительных материалов и при применении примитивнейшего оборудования.

12. Заслуживает внимания полное отсутствие в изученных нами архивных материалах каких бы то ни было нареканий на работу деривационных установок. А в то же время в документах XVIII в. встречается много указаний о неудовлетворительной работе установок, сооруженных по плотинным схемам.

13. Весьма существенным представляется то, что техника сооружения деривационных установок в XVIII в. не оставалась неизменной, а все время развивалась, достигнув наивысшего для того времени предела в трудах К. Д. Фролова.

14. Деривационные установки при всех их достоинствах получили в конечном итоге относительно весьма ограниченное распространение в России XVIII в. (алтайские и нерчинские заводы). Их применяли только там, где использование других решений было невозможным, как о том свидетельствуют примеры Алейского и Локтевского заводов, построенных на р. Алей. Среди сотен уральских гидросиловых установок не было в XVIII в. деривационных, хотя гидротехники Урала не могли не знать о технике сооружения деривационных установок, разработанной на Алтае.

Замечательный опыт, накопленный русскими строителями деривационных установок XVIII в., незаслуженно был полностью забыт еще в XIX в.

Авторы специальных трудов XIX в. по гидротехническим сооружениям и гидросиловым установкам, как правило, ограничивались сообщениями только о русских установках, сооруженных по плотинным схемам (Гаусман, Неелов, Нейберг и др.). Например, рассмотрев плотинные схемы, Д. Неелов, собравший весьма обширные материалы о русских гидросиловых установках, писал: «Что же касается до фабрики, в которую вода доставляется приводным каналом, то мы можем указать у нас лишь гранильную Петергофскую фабрику, так мало встречается в России вододействующих заведений, обходящихся без плотины и пруда у самого заведения»¹.

В 1856 г. В. Рожков, автор значительного числа публикаций в «Горном журнале» по горнозаводским гидросиловым установкам, описав устройство открытых деривационных каналов (аналогичных таким, оставшимся неизвестными Рожкову, каналам сибирских заводов XVIII в.), категорически утверждал: «Учреждение водопроводных каналов в северном климате в том виде, как описано выше, не возможно, по той причине, что вода в канале будет замерзать, и притом так как самый канал залегает весьма неглубоко, то будут промерзать и бока и дно. По этим причинам в таких странах канал должно проводить из деревянных досок и укреплять его на

¹ Д. Неелов, Устройство плотин, ч. III, СПб, 1884, стр. 350.

сваях и лежнях. Зимой канал должно обкладывать хворостом и засыпать толстым слоем снега»¹.

Так писали в XIX в. специалисты в то время, когда еще продолжали работать на Алтае созданные в XVIII в. заводы, «обходящиеся без плотины и пруда», расположенных непосредственно у заводских зданий — деривационные установки Змеиногорского рудника, Гавриловского, Локтевского, Змеиногорского заводов. Труды строителей алтайских и нерчинских деривационных установок XVIII в. также остаются полностью забытыми теперь. Изучение же опыта строительства и вековой (Локтевская, Змеиногорская, Гавриловская) эксплуатации деривационных установок, особенно в суровых условиях Сибири, имеет, несомненно, не только историческое значение. Труды строителей деривационных установок XVIII в., располагавших только примитивнейшим оборудованием, ограниченным ассортиментом местных строительных материалов и работавших при чрезвычайно неблагоприятных условиях, прямо свидетельствуют о том, как много мы можем сделать теперь в СССР в деле строительства малых и средних деривационных установок за счет мобилизации местных ресурсов. Вместе с тем весьма существенным представляется критическое изучение и исследование применявшихся строителями старых деривационных установок приемов постройки водоподъемных сооружений (сланевые пороги и другие конструкции). Наконец, не исключена возможность и реконструкции некоторых из сохранившихся старых деривационных установок (Змеиногорск).

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ТЕХНИКА СООРУЖЕНИЯ ПЛОТИН В РОССИИ XVIII в.

§ 1. КАДРЫ ПО ПОСТРОЙКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОТИН

Постройкой примитивных мельничных плотин не только в XVIII в., но и в последующем XIX в. обычно ведали так называемые мельники. Практический навык, сметливость и смысленность, знание местных условий позволяли им иногда весьма удачно осуществлять строительство.

Наследуя, как правило, ранее созданные образцы, такие строители были обычно представителями застойной ремесленной техники. Но, конечно, и среди строителей мельничных плотин всегда встречались у нас люди, пытавшиеся заниматься новаторством и, иногда не без успеха, улучшить дело.

Иное дело горнозаводские плотины, представлявшие в XVIII в. одни из наиболее крупных инженерных сооружений. Постройка таких плотин сделала возможным формирование непосредственно в процессе самого строительства кадров специалистов, обладавших большим организационным и техническим опытом.

Работы по сооружению горнозаводских плотин XVIII в. осуществляли приписные крестьяне и пожизненно закабаленные на заводах

¹ В. Р о ж к о в, О гидравлическом горнозаводском хозяйстве с описанием устройств, в нем употребляемых, «Горный журнал», 1856, стр. 17.

крепостнической империи мастеровые (гл. II). Доставка земли, заготовка и доставка леса, земляные работы, резка и кладка дерна, транспортные и вспомогательные работы выполнялись обычно приписными крестьянами. Плотничные работы выполняли, главным образом, заводские плотники во главе с плотинным мастером.

Руководителями постройки горнозаводских плотин обычно были лица, возглавлявшие постройку самого завода. Никаких школ по подготовке строителей плотин в XVIII в. не было. Только в 1774 г. было открыто в Петербурге Горное училище, где «преподавались науки, имеющие отношение до рудокопного и плавильного дела». В дальнейшем из Горного училища стали выходить хотя и в совершенно недостаточном количестве квалифицированные горнозаводские специалисты, подготовленные к постройке заводов и их гидротехнических сооружений. Гидротехническими сооружениями завода ведал плотинный мастер.

По инструкции Геннина плотинному мастеру вменялось в обязанность:

1) плотину, лари, вешняной и понурный мосты содержать в полном порядке, немедленно устраняя все повреждения;

2) весной скалывать лед у ларей, вешняков и от свай, а также обеспечивать сохранность плотины, вешняков и ларей во время паводка;

3) заготавливать: «водяные боевые (для привода молотов — В. Д.) и меховые (для привода воздуховдных мехов — В. Д.) колеса на все фабрики и к починке в молотовых: крестовины, ладони, к пальцам наделки, подножки к молотам, фтулки, к мехам коромысла, очепы, шесты, запоры к окнам, гнеты на меха из Сухова лесу, також четвертины на боевые валы, стулье под наковальни и меховые валы, к тискам стойки, топорница к молотам и клинье и протчее, что во все на заводах фабрики потребно»;

4) содержать в полном порядке ларевую систему;

5) производить ремонт крыш, стен, колес, валов;

6) строить новые плотины по чертежам и описаниям;

7) быть искусным в том «строении и вождении плотинном и в протчем всем плотнишнем деле», обучая при том всем видам работ плотников «нескрытно».

За неисправности и упущения плотинного мастера ему угрожали штрафы и взыскания «на теле».

Помимо плотинного мастера и плотников при «плотинном деле» числились подмастерья, бочары и ученики. При Екатеринбургском заводе штат «плотинных служителей» распределялся так (см. табл. на стр. 119).

Обращает на себя внимание исключительно низкая оплата труда таких квалифицированных рабочих, как плотники, бочары, колесники. В обязанности плотников, как указывалось, входил весьма широкий круг занятий. Бочары использовали «для делания бочек, ушатов, кадей, ведр к содержанию дехтю, смолы и всяких припасов и на расход заводской» (в случае отсутствия бочарных работ их использовали и для плотничных). Плотников, бочаров и колесников, выполнявших весьма разнообразные и относительно сложные по тому

Штат	Число штатных единиц	Жалование на единицу в год (рубли)	Жалование на всех лиц данной категории в год (рубли)	Фактическое число занятых штатных единиц
Мастер.....	1	30	30	1
Подмастерье.....	1	20	20	1
Плотники.....	18	15	270	18
Колесники.....	2	15	30	2
Бочары.....	2	15	30	2
Ученики закомплектные.....	2	12	24	2

времени работы, оплачивали по голодной норме — 5 коп. за рабочий день, т. е. им выплачивали столько же, сколько приписным крестьянам, обрабатывавшим подати.

Но и при таких условиях смогли вырастать из русских народных низов в XVIII в. столь замечательные деятели, как строитель знаменитых змеиногорских установок Козьма Дмитриевич Фролов, как первый русский теплотехник и вместе с тем пионер в деле строительства деривационных установок Иван Иванович Ползунов, как строитель Алейской деривационной установки Дорофей Головин и многие другие.

Положение с кадрами, ведавшими строительством и эксплуатацией горнозаводских плотин, не претерпело в конечном итоге особых изменений на всем протяжении XVIII в. В XIX в. положение с кадрами также оставалось не удовлетворительным. Эксплуатации гидросиловых установок стали уделять даже меньше внимания в значительной мере в связи с тем, что гидротехнические сооружения зачастую возводились в это время специалистами, командированными на завод только на время строительства гидротехнических сооружений¹. Определенную роль сыграл и переход в XIX в. ведущей роли к паровому двигателю, что в конечном итоге отвлекло внимание от гидросиловых установок.

Но основную роль сыграл, видимо, относительный упадок в XIX в. горнозаводского дела в России по сравнению с XVIII в. В конечном итоге в дело пришлось вмешиваться в XIX в. правительству, предписавшему, например, чтобы на всех вододействующих заводах военного ведомства назначались инженерные офицеры: «как для временного производства, так и для постоянного наблюдения за гидротехническими сооружениями»².

§ 2. ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕРЖКИ

Инструменты, применявшиеся в XVIII в. при строительстве гидротехнических сооружений, были примитивны. В рукописи Геннина

¹ К. Г а у с м а н, Исторический очерк гидротехнических сооружений Сестрорецкого завода (с 1720 по 1840 г.), «Инженерный журнал» № 2, 1861, стр. 148—149.

² «Полное собрание законов», т. XIII, 1838, ст. 11743.

В деле, содержащем описание я оценку Кольвановоскресенских заводов, взятых в 1747 г. в Кабинет от Акинфия Демидова, сообщаются сведения об оценках плотин Барнаульского, Колыванского и Шульбинского заводов Алтая, представляющие некоторый интерес¹. По заключению представителя Кабинета И. С. Христиани плотина Барнаульского завода вместе с ларями и вешняком была оценена в сумме 3 333 р. 24 к., а самый завод в сумме 1 616 р. 62 к. Согласно тому же заключению издержки на отдельные гидротехнические сооружения Барнаульского завода были признаны следующими²:

7 368 куб. саж. земляных работ по постройке плотины.....	2 210 р. 40 к.
19 394 куб. саж. фашинных работ.....	387 „ 88 „
Выравнивание места под плотину.....	100 „
„Два канала, что имеются под плотиной“.....	24 „
Вешняк.....	250 „
Ларевые проходы.....	100 „
Ларь.....	74 „
Место под ларь и битье свай.....	6 „ 96 к.
Железа 50 пуд. по 1 руб. 20 к. за 1 пуд.....	60 „
Постройка понурного и сливного мостов.....	120 „

Сообщение о «каналах, что имеются под плотиной», свидетельствует, что таковые в то время продолжали применяться при плотинах некоторых заводов для спуска, в случае необходимости всей воды из запруды.

Плотину Колыванского завода представитель Кабинета Улих оценил в сумме 2 200 руб., а самый завод 1 600 руб. По тем же документам Шульбинская плотина (завода возле нее не было), построенная в 1744 — 1747 гг., была оценена в сумме — 2 385 р. 32 к. (размеры Шульбинской плотины: длина 128 м, ширина — по основанию 53 м и по гребню 27,7 м, высота 10 м).

По смете, составленной К. Д. Фроловым в 1772 г., издержки на постройку запроектированной на р. Корбалихе плотины распределялись так:

1. Подготовка площадки для строительства.....	818 р. 29½ к.
2. Выемки, доставка икладка глины(тело плотины).....	8 650 „
3. Вешняной прорез.....	607 „ 48¾ „
4. Прорез для подачи воды в канал к корбалихинским похверкам.....	247 „ 91¾ „
5. Прорез для подачи воды в канал к гидросиловой установке на шахте.....	205 „ 91½ „
6. Штольня для отвода вод р. Корбалихи на время строительства.....	578 „ 63

Итого..... 11 108 руб. 24½ к.

Общая сметная стоимость данного строительства была исчислена в сумме 14 892 р. 18½ к.

Издержки на плотину по отношению к остальным издержкам возросли еще более, чем в выше рассмотренных случаях.

¹ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., дело № 73.

² Там же, л. 39.

О расходе, за год материалов, необходимых для поддержки екатеринбургской плотины и ларей, у Геннина дана следующая справка:

30 досок.....	1 руб. 81 коп.
50 пуд. пеньки „на конопать ларей“.....	16 „ 50 „
20 пудов пеньковых канатов „на всякие потребности“	14 „ 40 „
10 фунтов пенькового шнура.....	— „ 18 „
2 „точила печерских“ для инструмента	2 „ — „

Кроме того, в перечне статей указан, расход «на скобы, гвоздь к починке ларей», но сумма не указана.

§ 3. О СПОСОБЕ СООРУЖЕНИЯ НЕБОЛЬШИХ ПЛОТИН

Техника сооружения обычных мельничных плотин была в XVIII в. настолько общеизвестной и несложной, что это не могло не отразиться на самых источниках, необходимых для нашего исследования. Нам пока не удалось разыскать ни одного документа, описывающего технику сооружения мельничных плотин первой половины XVIII в. Предполагая проводить далее розыски в архивах материалов о мельничных плотинах, ограничимся пока несколькими замечаниями по этому вопросу. В рукописи Геннина имеются указания, что повреждения заводских плотин в то время часто обуславливались разрушением расположенных выше по течению плотин, устраиваемых крестьянами для мукомольных мельниц. По словам Геннина вешний паводок очень часто сносил крестьянские мельницы и от них слань и дерево попадали во время высокой воды в заводские пруды, забивая водосливы и т. д.

В связи с таким положением Геннин настаивал на запрещении постройки крестьянских мельниц выше заводских плотин, считая возможным только в самых крайних случаях допустить постройку крестьянских плотин выше заводов, при соблюдении необходимых для предосторожности мероприятий. Видимо, многие из мельничных плотин того времени соответствовали характеристике, данной для позднейших таких плотин: «Плотины поперек реки представляют грубую смесь всякой всячины — хвороста, ветвей, переслоенных соломой, навозом, торфом и глинистою землею; такие плотины не выстаивают долго; их необходимо часто исправлять, так как перегнивает хворост и т. д., который будучи сложен параллельно течению, позволяет воде незаметно просачиваться по всей ширине плотины. Таким образом образуется брешь, а в следующем году большая часть плотины уносится водою»¹.

Однако не следует распространить данную характеристику на все решительно русские мельничные плотины. Далее приведены материалы, свидетельствующие, что в отдельных случаях и мельничные плотины достигали в XVIII в. весьма значительного развития (Омская плотина).

Описание техники сооружения обычной небольшой плотины для образования пруда опубликовал в 1795 г. В. Левшин во «Все-

¹ Линг Р о т, Заметки англичанина о сельском хозяйстве восточной России, «Журнал сельского хозяйства и лесоводства», 1878, август, стр. 423—424.

общем и полном домоводстве»¹. Видимо, из-за сравнительно широкой известности постройки таких плотин Левшин не счел нужным дать хотя бы один чертеж плотины к своему, впрочем, весьма пространному описанию. По определению Левшина: «Плотина составляет устроенное укрепление, или насыпь земляную, запирающую и удерживающую воду в пруде». В первых строках раздела, посвященного плотине, Левшин выдвинул требование: «употреблять на плотину надобно глину и землю самую вязкую, материалы лучшие и искуснейших работников: ничего не должно шадить» (стр. 129).

В случае отсутствия подходящей глины — «довольно вязкой, плотной, удобной держаться самой по себе, и выдержать ударение волн, пригоняемых ветром» — Левшин рекомендовал применять «дикие камни к удержанию такова усилия». В случае недостатка последних рекомендовалось делать отлогие откосы плотины, дернуя их в верхней части и засаживая осокой у воды. Также рекомендовалось садить на плотине деревья и кустарники — ольху, ракитник, ясень, дуб, клен, лозняк, и «разные воду любящие растения». Посадка осокорей, что часто встречается теперь на сельских плотинах, считалась тогда совершенно недопустимой, так как корни осокорей гниют и образуют пустоты в теле плотины.

Обычно в то время делали гребень плотины несколько более высоким со стороны пруда, полагая, что возможно более высокий гребень со стороны мокрого откоса плотины будет лучше « всю воду в пруде удерживать ». Левшин придерживался противоположного мнения, считая, что следует делать несколько выше гребень плотины со стороны, противоположной пруду, о том, чтобы устранить возможность перебрасывания волн и размыва сухого откоса плотины.

Соорудив тело плотины, делали «отсыпь земляную». Наметив на некотором расстоянии от тела плотины внешний край мокрого откоса, выкапывали до материка, ров вдоль всей плотины. В ров укладывали длинный хворост, комлями к плотине, а ветвями в сторону пруда. Слой хвороста покрывали «синею» глиной, навозом и землей, тщательно утрамбовывая. Затем снова клали хворост и т. д., постепенно устраивая откос, примыкающий к телу плотины.

Некоторое представление о применявшейся издавна в России технике сооружения обычных небольших плотин могут дать описания таких плотин, относящиеся к XIX—XX вв.². Но мы ограничимся изложенным, так как упомянутые описания не содержат никаких датировок и нельзя выделить в них то, что относится хотя бы к началу XIX в.

¹ «Всеобщее и полное домоводство, в котором ясно, кратко и подробно показываются способы сохранять и приумножать всякого рода имущества, с показанием сил обыкновеннейших трав и домашней аптеки и проч., и проч., с приложением нужных гравированных рисунков. Издано трудами Василья Левшина», Москва, 1795, ч. IV, стр. 129—132.

² См., например, Д. Н е л о в, Устройство плотит, т. I—III с атласом, СПб, 1884 и др.

Весьма обширны и полны материалы по технике сооружения русских заводских плотин первой половины XVIII в. Прежде всего следует отметить обстоятельные описания Геннина, изложенные в его рукописи в разделах: «О плотинах»¹ и «О плотинном деле»² Геннин указал три условия, которые следует соблюдать при сооружении и эксплуатации плотин: 1) обеспечение надлежащей прочности плотины, 2) устройство достаточно широких вешняных проrezов (водоспусков), 3) заблаговременный спуск перед весенним паводком по возможности всей воды из пруда. Особенное внимание обращал Геннин на неблагоприятные последствия постройки узких водоспусков (вешняных проrezов), сечение которых преграждалось многими стойками, чрезмерно широкими и толстыми. По его словам неоднократно бывало, что из-за слишком узких сливных окошек: «вода понуждена бывает итти чрез плотины и тем из оных землю вымывает, и оные иногда до основания, и при них фабрики разоряет». Разрушение плотин часто обуславливалось неуместным накоплением воды «до указной меры» в заводском пруду перед паводком, не взирая на особенности текущей весны. Перечислив факторы, благоприятные для быстрых и обильных паводков, Геннин отмечал, что «при разливных прудах прибыли вскоре познать не можно». Он справедливо указал, что если начальники заводов, не обращая внимания на особенности весны, будут копить в прудах воду до «указной меры», опасаясь, чтобы не упустить воду и благодаря тому не нанести заводскому действию ущерб, то потом: «когда та вешняя вода и по времени своему земляная вдруг в пруды придут, и тогда хотя уже и запоры, как вешняные, так и ларевые отпрутца, токмо оной скопной (воде) вдруг уже пробратца не можно, и от того и такие плотины могут повреждаться».

Не ограничиваясь общими сведениями о технике сооружения заводских плотин, Геннин дал обстоятельное описание двух таких плотин.

Екатеринбургская плотина

Как типичную для уральских заводов XVIII в. Геннин описал плотину Екатеринбургского завода (рис. 41), сооруженную, как упоминалось, в 1721 — 1723 гг. (см. гл. IV, рис. 8).

Основными материалами, примененными при сооружении плотины, были глина и дерево. Первой операцией при постройке плотины было сооружение котлована, в который следовало опускать «струб рубленной из бревен кверху, сколько надлежит, и в него крепко набивать добрые ил или глину без песку».

Плотина состояла из двух параллельных рядов, заполненных глиной продольных срубов 11, пространство между которыми 10 было заполнено глиной вплоть до гребня плотины 17. Пространство 10 между срубами забили глиной: «для того, дабы никоими

¹ В. Геннин, Описание уральских и сибирских заводов, 1735, изд. М., 1937, стр. 117—126.

² Там же, стр. 127—138.

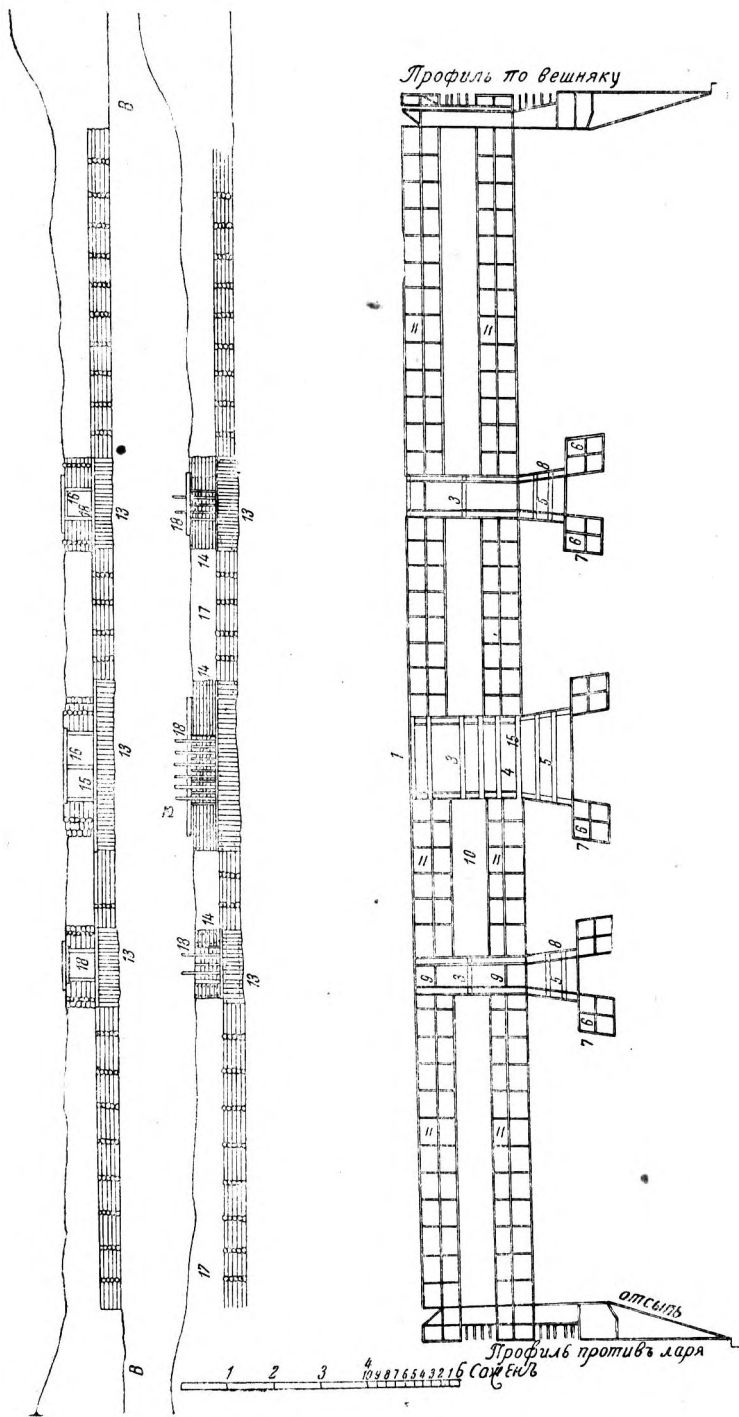


Рис. 41. Плотина Екатеринбургского завода в 30-е гг. XVIII в. (по Геннину — «Абрисы» 1735 г.).

мерами вода поперег струбов да вдоль бревен прокрасться и тем пакости в плотине учинить не могла».

В тексте описания все время говорится о постройке сруба «от материка вверх» и о том, что сруб «опускали» на материк, о применении свай для фундамента ничего не сказано. Приложенная же к описанию смета на материалы и рабочую силу свидетельствует, что сруб плотины покоился на свайном основании. При подсчете расхода рабочей силы в смете особо оговорено: «битые свай под фундамент». Кроме того, и в тексте и в обозначениях на чертеже имеются другие упущения.

Сруб 11 рубили вверх от материка на 2,1—2,8 м, до порога 15 в вешняных (водоспускных) 16 и ларевых (рабочих) прорезах 18.

Перед прорезами устраивали понурные мосты 5.

«Понурные мосты зделаны из досок..., на которые надлежит набивать крепко глину или ил до самых порогов наискось для подтверждения, дабы в том месте отсыпи, которая под понурным мостом, не вымывало и плотину не вредило».

Прорезы основательно укрепляли, выводя возле них сруб на всю высоту плотины. Сруб у прорезов, ниже «порожного бревна» 15 обшит вертикальными «паженными» досками 13, которые были «друг к другу пристроганы стругом и приплочены плотно, как бочки». Сруб по бокам прорезов обшивали горизонтальными «паженными» досками 14. Кроме того, обшивали такими досками стенки прорезов, укрепляя их еще стойками 8, распертыми брусками 9.

Для защиты, со стороны верхнего бьефа, глиняного тела плотины — «против пруда, где волны плещутся», рекомендовалось накладывать дерн «наискось ряда три или четыре». Применялась также защита данной части плотины облицовкой из досок, а также засыпание шлаками.

Важнейшим условием для прочности плотины была «отсыпь из доброй глины», т. е. откос со стороны верхнего бьефа (мокрый откос).

«Ко оным доскам (паженным — В. Д.), также и к срубу, где досок не имеетца, между ларем и вешняком, надлежит зделать отсыпь из доброй глины в реку подалье». Глину мокрого откоса рекомендовалось крепко утрамбовывать: «убивать крепко токма-рями».

Такое мероприятие справедливо объяснялось тем, что «вся сила в крепости плотины состоит в доброй отсыпи пред плотиной».

Геннин категорически возражал против применения в мокром откосе плотины помимо глины таких материалов, как солома, навоз, хвоя, фашины.

Для защиты прорезов от обвалов откоса 7, устраивали по обе стороны понурных мостов «особливые струбы, которые называются свинки» 6. «Свинки» представляли собой ряжи, набитые глиной.

От вешняного прореза (водоспуска) шел сливной мост (на чертеже не показан). Водоспуск делали «по препорции реки», т. е. в зависимости от расходов — шире или уже. Сливной мост устраивали «подлиннее, дабы все фабрики мог миновать».

«Ежели же вешняк в длину проведен будет недолог, но токмо сквозь плотину, то и от того имеет быть плотине повреждение, ибо текущая со оногo вешняка вода при конце его скоро ямы великие и глубокие вымывает, и водоворот от того сильня бывает, и тем Плотину с фабричную сторону может подмыть и от того оную прорвать».

Плотина Каменского завода

Геннин рекомендовал строить плотины по образцу строившейся в то время плотины Каменского завода (рис. 42—43). «Новоманирная» конструкция представлялась Геннину более совершенной, но она не оправдала себя и не получила распространения. Тело этой плотины состояло из «струбов или Тарасов, рубленых из бревен от самой пошвы кверху». Образовавшиеся клетки для устранения возможности просачивания воды «набито крепко доброу глиною без песку от пошвы до верху». Со стороны верхнего бьефа к срубам, а также к «крыльям» водослива и ларя были прибиты «стоячие и лежащие паженные доски». Перед водосливом сделан понурный мост. Пунктиром показан откос: «отсыпь из самой доброй глины, крепко убита токмарями наверху понурного моста и перед плотиною, также под понурным мостом». Понур правильно рекомендовалось делать возможно более длинным и пологим: «когда далее и косо положее делается, а не круто, большую иметь в плотине надежду можно»:

Вешняный прорез — водослив был сделан очень широкий — 23,5 м — «пошире настоящего течения реки» 10,6 м. Преследовали цель обеспечить пропуск максимального количества воды: «дабы вешняя вода могла удобнее в него убраться, а не чрез плотину итти, как ныне уже и было на трех заводах, что вода шла чрез плотины, а в вешняки убиратца не могла, и тем заводам от того учинился вред немалой». Учитывая высоту вешняка, равную 3 аршинам (2,1 м), получили сечение для прохода сбрасываемой воды, равное 99 кв. аршинам.

Перед водосливом устроили «двор» для защиты во время паводков от льда и протчего дрязгу.

В экспликации к чертежу значатся: «чюгунные наугольники, дабы льдом, бревнами и другим ничем не могло вредить». На чертеже номер не проставлен. Видимо, чюгунные наугольники находились на углах, образованных «крыльями» ларевого и вешняного прорезов. Пороги обоих прорезов находились на различной высоте. Водосливный порог был сделан выше ларевого, чтобы в ларе «весною и всегда ординарно вода была». Кроме того, при таком устройстве решили отказаться от вешняных запоров, а тем самым и от стоек¹ между запорами в прорезе, превращенном в водослив.

Запор был предусмотрен только в конце ларя. В самом вешняке могли устанавливаться «кокоры» для закладывания двух-трех досок с целью повысить порог и увеличить запас воды летом и зимой.

¹ Стойки устанавливались обычно через каждые 1—1,5 м. Имея до полуметра в толщину, они перекрывали иногда большую половину вешняного прореза.

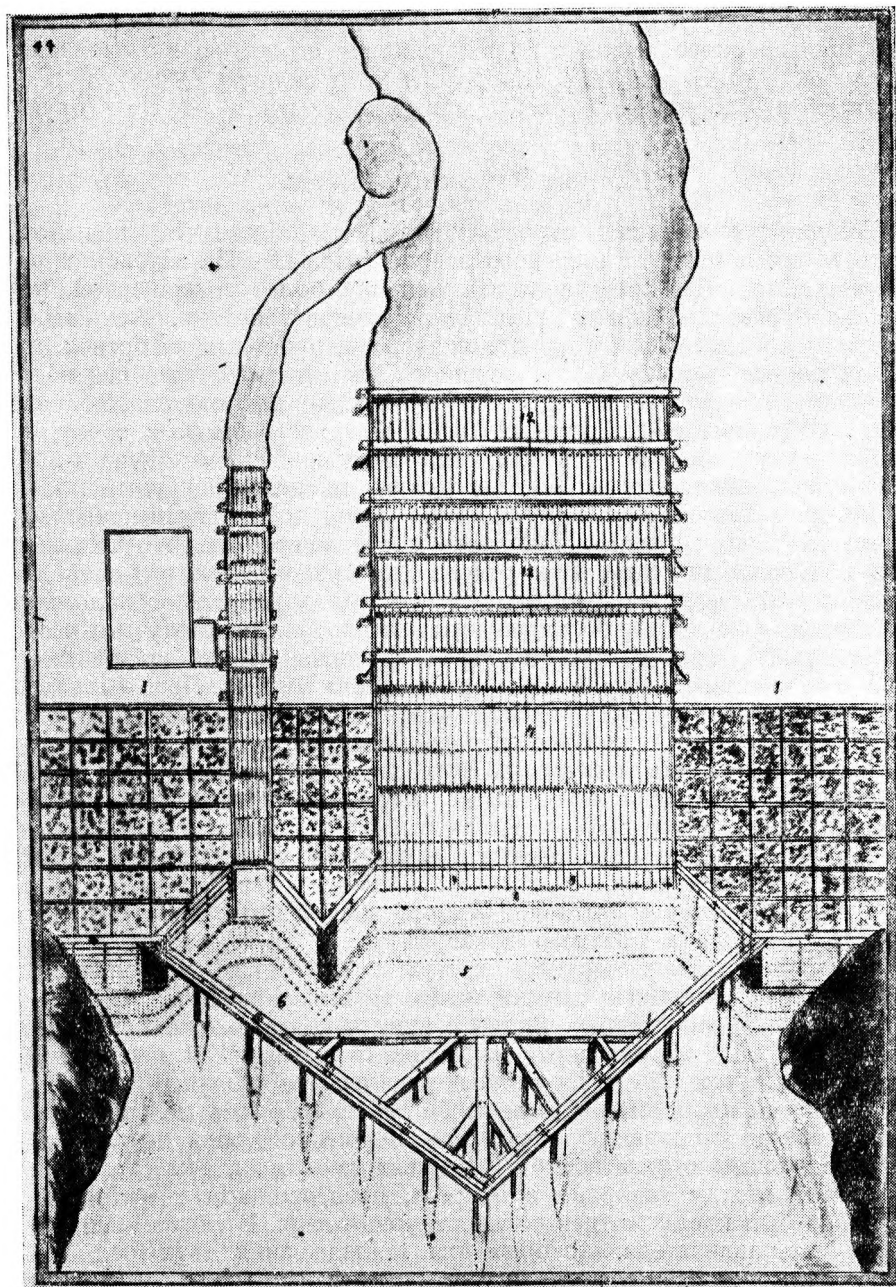


Рис. 42 Плотина Каменского завода в 30-е гг. XVIII в. (по Генниу—
«Абрисы», 1735 г.).

На продольном разрезе через плотину и вешняк (рис. 43) хорошо видны «двор перед вешняком», «отсыпь», понурный мост, место под ним, забитое глиной, плотинный сруб, вешняный прорез, корок, паженные доски и укрепленный на сваях сливной мост, по которому стекала вода из прореза. Мост устраивали на крепких и длинных глубоко забитых сваях: «И, учиня на них заплечки и продольбя на брусьях дыры по величине свайных заплечков, накладывать на сваи брусье и укреплять оные к сваям з боков баутами (болтами — В. Д.), которые бы могли шить сваю и брус вместе, дабы когда весною подпрудные воды бывают, не могли вешняков, подняв, отрывать, как уже эксемпель был».

Для избежания размыва плотины во время ливней — «от прорывания облаков дождем, которой от того бывает вдруг велик», — рекомендовалось покрывать плотину сверху бревнами, прибывая их к плотинному срубам. Для защиты плотины со стороны нижнего бьефа рекомендовалось: «при трубах плотинных на самом фундаменте усыпать сланью и оную утвердить крепче в равенстве с тем горизонтом, на котором фабрики стоят». «Новоманирная» плотина Геннина имела ряд недостатков по сравнению с ранее описанной Екатеринбургской. Наиболее существенным недостатком Каменской плотины было то, что ряжи проходили непрерывно по всему поперечному профилю плотины. При таком устройстве вода могла просачиваться вдоль бревен ряжей через все сечение плотины, промывая при этом глиняную набойку из ряжей. Промерзание верхних слоев глины в ряжах, составлявших все тело плотины, также могло вести к неблагоприятным последствиям. Подъем водосливного порога, конечно, снизил роль водохранилища как регулятора. В силу таких недостатков предложенное новшество не получило применения.

Для подъема щитов в водоспусках обычно применялись бревна и ломы. В указе колывановоскресенского начальства от 9 ноября 1753 г., написанном в связи с поломкой лома весом в 21 пуд, сказано, что такими ломами «на вешняках запоры подымаютца немалым числом людей»¹. Иногда с целью освободить все отверстие водоспуска убирали из него во время паводка и промежуточные стойки.

Для характеристики техники сооружения и современного состояния плотин XVIII в. рассмотрим обследованную нами плотину Колыванского завода, построенную в первой половине XVIII в.

Колыванская плотина

В поселке Горная Колывань, Змеиногорского района, Алтайского края, расположенном в 35 км к юго-востоку от Змеиногорска, не только сохранилась, но и продолжает теперь использоваться — одна из старейших сохранившихся в России и первая по времени сооружения на Алтае горнозаводская плотина, обследованная нами в 1938 — 1939 гг.

¹ Алтайский исторический архив, фонд № 1, дело № 125, л. 178.

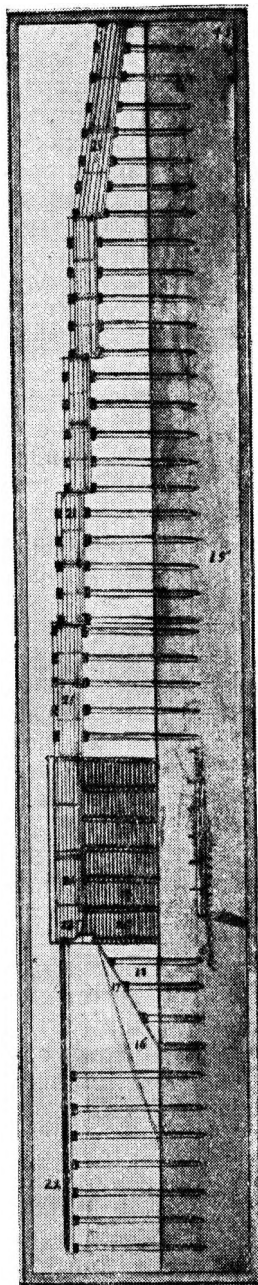


Рис. 43. Разрез плотины Каменского завода (по Геннину — «Абрисы» 1735 г.).

Постройка Кольванской плотины относится к 1729 г., когда по распоряжению Акинфия Демидова здесь был сооружен первый на Алтае завод с водяными колесами — Кольвановоскресенский медеплавильный завод. Плотина была построена на небольшой речке Белой (см. гл. IV, рис. 11 и 15).

«Поелику река Белая, — сообщает Паллас, — водою недостаточна, то в 1733 году из находящегося у подошвы высокой горы (г. Синюха — В. Д.) озера Белого и никакого истока не имеющего, прорыт в Белую канал и сделана шлюза, через что недостаток воды довольно был награжден»¹.

На плане 30-х гг. XVIII в. ларевые прорезы в теле плотины не показаны. Судя по розысканным нами планам 40—70-х гг. XVIII в. в теле плотины был тогда только один прорез, использованный как для пропускания излишних вод (водоспуск), так и для подачи воды в лари (рабочий прорез), по которым вода поступала к водяным колесам заводских цехов («фабрик»), расположенных по обеим сторонам сливного моста. Какие бы то ни было детали плотины на упомянутых чертежах не показаны.

В Новосибирском историческом архиве нам удалось разыскать чертеж, озаглавленный: «План Кольванской шлифовальной фабрики и назначаемому при оной вновь устройству»². Видимо, данный чертеж составлен в самом начале XIX в. в связи с намечавшимися работами по переустройству шлифовальной фабрики, устроенной в 1799 г. у Кольванской плотины на месте упраздненного металлургического завода. На этом плане показаны некоторые интересные подробности. А именно, помимо внешнего прореза (водоспуска) в центральной части плотины, известного по рассмотренным выше планам XVIII в., показан еще второй — ларевой прорез (рабочий), названный в экспликации: «канал из пруда для протоку воды на действие машин». Вода из облицо-

¹ П. Паллас, Путешествие по разным провинциям государства Российского, ч. II, кн. II, СПб, 1786, стр. 313.

² Новосибирское областное архивное управление, фонд: планы и чертежи, дело № 6161.

ванного деревом ларевого канала поступала в «чугунные трубы, от запору сего канала ведущие к колесу», т. е. была осуществлена система водозабора, применяющаяся здесь и в настоящее время. Кроме того, показана, на рассматриваемом чертеже облицовка камнем мокрого и сухого откосов вдоль по всей длине тела плотины. В описании сухого откоса каменная облицовка значится как: «Каменной реж по обеим сторонам сливного моста». Каменная же кладка показана облицовывающей и голову водоспуска там, где обычно устанавливались так называемые «косые свинки», т. е. деревянные ряжи ромбической формы.

Рассмотренные нами другие старые чертежи не сообщают каких-либо подробностей о технике сооружения Кольванской плотины.

Обследование плотины, проведенное нами в 1938—1939 гг.¹, было ограничено только внешним осмотром и приближенной топографической съемкой (рис. 44).

Образованное плотиной водохранилище питается снеговыми водами и р. Белой, расходы которой во время обследования составляли 0,7—0,8 м³/сек, кроме того, питающие водохранилище ключи давали расход воды порядка 0,18 м³/сек. При длине водохранилища порядка 2,5 км и ширине около 150 м глубина его составляет в среднем 4—6 м.

Место для постройки плотины выбрано весьма удачно. Плотина перегораживает сравнительно глубокий лог, ширина которого составляет около 100 м. Правый берег образован обрывистой каменистой сопкой, возвышающейся примерно на 120 м. Левый берег лога сравнительно пологий, но также достаточно крутой.

Высота плотины над самым низким местом лога не превышает 7 м. Длина плотины 110 м.

За долгие годы эксплуатации (210 лет — в 1939 г.) откосы плотины неоднократно разрушались, восстанавливались, снова разрушались и т. д. Видимо, значительно увеличена была ширина плотины по гребню для удобства использования его площадки. Таким образом профиль плотины теперь значительно отличается от первоначального. В настоящее время профиль приближается к трапециoidalному, весьма сильно распластанному в ширину, что обусловлено, видимо, многократными отсыпками к телу плотины.

Ширина плотины понизу составляет в среднем около 60—66 м и по гребню примерно 22 ж. Заложение мокрого откоса 1 : 3 и сухого откоса 1 : 2,7. Общий объем земляного тела плотины составляет около 28 000 м³. Сложена плотна из жирного суглинка. По обоим откосам сохранились остатки каменного крепления, хотя оба откоса в настоящее время сильно разрушены (особенно сухой).

Сохранились оба прореза в теле плотины: водоспуск в центральной части плотины (вешняный прорез) и прорез, подающий

¹ Для настоящей работы использованы чертежи современного состояния Кольванской и Змеиногорской плотин, а также и некоторые справки из технического отчета по обследованию старых алтайских плотин, проведенному под моим руководством в 1939 г. по заданию Научно-исследовательского института гидротехники.

воду к турбине (ларевой). Водоспуск расположен в самом пониженном месте лога, т. е. там, где было русло реки. Порог водоспуска приподнят над дном пруда на 2,6 м. Ширина водоспуска 6 м. Водоспуск срублен из русского ряжа в клетку, засыпанную глиной и камнями; диаметр бревен сруба составляет 0,20—0,24 м. Голова водоспуска теперь весьма неудачно забетонирована.

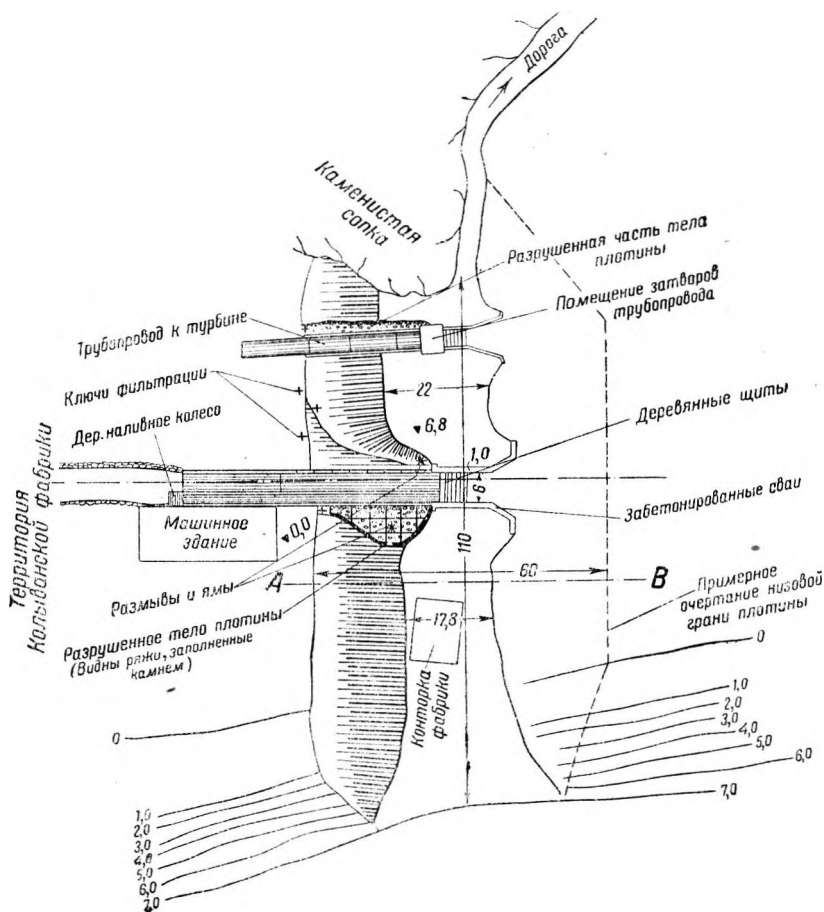


Рис. 44. План Кольванской плотины (современное состояние 1939 г.).

С нижним бьефом водоспуск соединен при помощи сливного моста (быстротока), представляющего продолжение водоспуска и также имеющего на всей длине ряжевые стенки, заканчивающиеся на горизонтальном участке. Далее русло и берега быстротока креплены кладкой насухо.

Водоспуск, фронт которого разбит на три пролета, перекрыт обычными деревянными щитами, отрывающимися только во время паводков, за исключением щита, от которого идет деревянный лоток, подающий воду на сооруженное в 1938 г. деревянное налив-

ное колесо, приводящее в действие электрический генератор¹. Наряду с неуместным в данном случае применением техники XVIII в. (колесо) обращает на себя внимание варварская эксплуатация сохранившихся здесь сооружений XVIII в., которые могли бы быть использованы с большой пользой для дела. Так, например, находящийся во втором прорезе трубопровод, подающий воду к турбине Френсиса (установка 1907 г.; расход $1,2 \text{ м}^3/\text{сек}$), заглублен всего лишь на 0,5 м от предельно высокого горизонта воды в водохранилище. В результате установки на чрезвычайно высокой отметке трубопровода турбины запас «мертвой воды» (мертвый запас) возрос, по существу, почти до пределов всего водохранилища, использующегося поэтому крайне плохо. Кроме того, постоянный высокий горизонт верхнего бьефа приводит к тому, что плотину моет у гребня и верховая грань плотины, очень сильно нарушенная, идет в виде неправильной кривой.

Благодаря неумелому хозяйничанью образовались значительные промывы и ямы между телом земляной плотины и деревянным ряжем, т. е. в одном из наиболее опасных мест — сопряжение деревянной конструкции с земляной. С левой стороны земляной откос настолько разрушен, что образовались обнажения ряжей. Весьма сильно разрушено тело плотины у второго прореза, где расположен трубопровод, подающий воду к турбине. С целью укрепить головы обоих прорезов их забетонировали. Бетонные стенки не только не укрепили, но вызвали обвал тела плотины в этом месте.

Кольванская плотина свидетельствует о том, как на протяжении ряда лет люди, эксплуатировавшие ее, портили плотину при попытках поддержки без достаточных знаний медленно разрушающихся сооружений. Внесенные за последние годы дополнения, как правило, не улучшали, а ухудшали состояние сооружения.

Кольванская плотина простояла 210 лет и продолжает стоять. Столь длительный срок существования сооружения при весьма неблагоприятных условиях эксплуатации его и зачастую просто варварских переделках может быть объяснен следующими обстоятельствами:

1. Увеличение запаса прочности за счет неоднократного усиления профиля плотины. Наличный теперь запас прочности очевиден при сравнении существующего профиля плотины с профилями современных плотин.

2. Сравнительно небольшие расходы поступающей воды (в летне-зимнее время расход р. Белой с ее притоками: $Q = 1,01 \text{ м}^3/\text{сек}$; паводковый расход составляет примерно $10\text{—}20 \text{ м}^3/\text{сек}$).

3. Хорошо отсыпанное во время постройки тело плотины с достаточным креплением откосов и другими конструктивными особенностями, что позволило плотине работать долгое время нормально.

¹ Колесо сооружено для замены вышедшего из строя парового двигателя. Построено колесо по всем правилам XVIII в. там, где следовало поставить небольшую турбину.

4. Отсутствие боковой фильтрации и переливов через гребень.

5. Судя по имеющимся в нашем распоряжении материалам по технике сооружения других уральских и алтайских плотин XVIII в., при сооружении Кольванской плотины строители, видимо, чрезвычайно тщательно защитили места примыкания деревянных сооружений к земляному телу плотины. Но, конечно, изучение таких мероприятий для данной плотины не могло быть проведено только при внешнем осмотре. Некоторые материалы по данному вопросу изложены далее (§ 6).

§ 5. ПЛОТИНЫ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XVIII в.

Техника сооружения плотин в России во второй половине XVIII в. достигает значительного развития, о чем свидетельствуют рассмотренные далее описания наиболее типичных плотин (Воткинская, Златоустовская), а также описания таких оригинальных сооружений, как сланевые плотины, Омская и особенно Змеиногорская плотина, представляющая по своему выполнению исключительное сооружение не только для того времени.

Боткинская плотина

Один из лучших знатоков горнозаводского дела второй половины XVIII в. Иван Герман дал детальное описание плотины Воткинского завода¹ (рис. 45). Герман утверждал, что по образцу Воткинской плотины «почти во всех, как в России, так и в Сибири находящихся заводах одинаковым образом устраиваются»². Плотина была сооружена между двух «не весьма крутых» гор в месте, благоприятном для образования «пространного и для действия заводского довольно достаточного пруда». Руководил постройкой плотины и завода «премьер-майор» Москвин.

Наметив очертания плотины, выкопали четыре «канала» (траншеи) по всей длине плотины. Глубина и ширина каждой траншеи 2,1 м. Две траншеи провели по внешним линиям будущей плотины, а другие две параллельно первым, но внутри площади, предназначенной под плотину. Все траншеи были «тугою глиняною набойкою набиты».

Так устроили четыре глиняных зуба плотины для борьбы с фильтрацией.

Тело плотины сооружали из чередующихся слоев глины и разных мелочей (шлак, хвоя и т. д.), но с тем, что наружная часть плотины состояла только из одной чистой глины. В теле плотины оставили три прореза: ларевой (рабочий) и два вешняных (водоспуски). Ларь устроили я при одном из водоспусков. При головах

¹ Железодельный завод, построенный в 1758 г. для Шувалова и отобранный в 1763 г. в казну. Построен на р. Вотке в 7 верстах от впадения ее в р. Сиву, на расстоянии 45 в. впадающей в Каму. Завод принадлежал в XVIII в. к числу лучших заводов страны.

² И. Герман, Сочинения о сибирских рудниках и заводах, т. I, 1797, СПб, стр. 65 (описание Боткинской плотины и ее постройки, стр. 65—76). Далее излагаем описание плотины соответственно тексту Германа.

прорезов поставили «свинки», туго набитые глиной до самого основания.

На дно прорезов для его укрепления положили на (3,2 м по длине и ширине плотины) «слань или ряд бревен и слой глины». Слань со стороны верхнего бьефа опускалась «уступами сажени на полторы под воду, которые уступы в иных заводах видимы бывают под водой» (стр. 66—67). Такие уступы на некоторых заводах в целях укрепления засыпали шлаком.

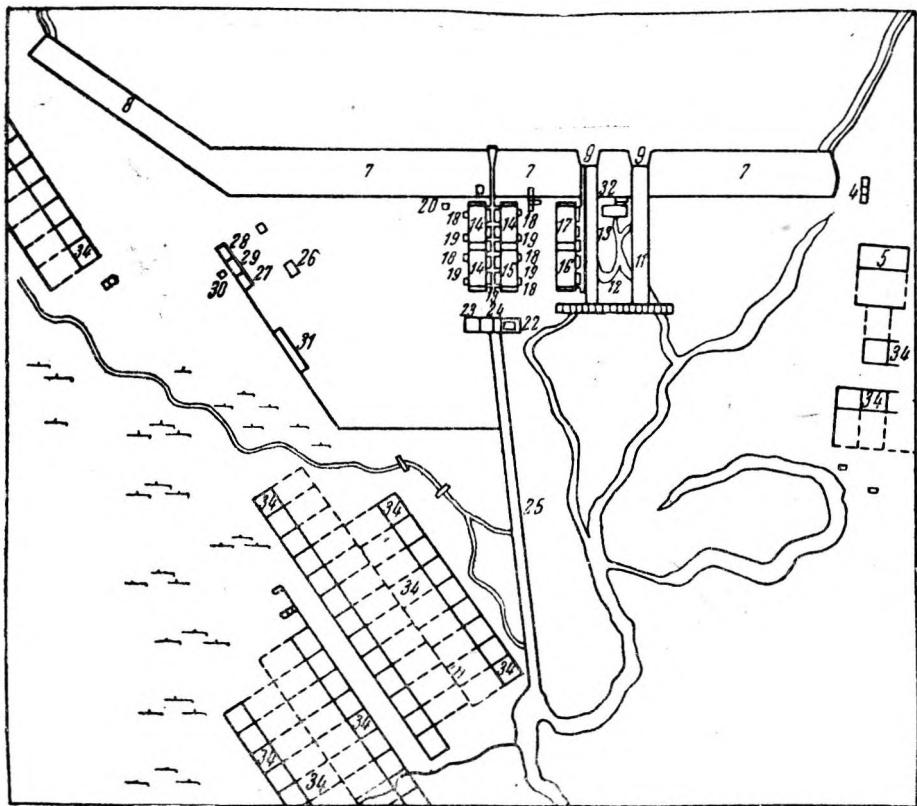


Рис. 45. Схема Боткинського завода в 60-е гг. XVIII в. 7—8 — плотина; 9 — водоспуски; 11 — сливные мосты; 12 — мост над сливными мостами; 13 — лари; 14 и 16 — четыре молотовые «фабрики»; 15 — дощатая фабрика; 17 — строящаяся молотовая; 18 — кожухи водяных колес; 19 — чуланы для инструментов; 25 — канал для отработавшей воды; 20 — 24 и 26 — 31 — заводские постройки; 4 — заводская контора; 5 — дом управляющего; 34 — дворы и огороды рабочих.

На Воткинской плотине «слань» из бревен шла от «свинки» одного прореза под «свинки» соседнего прореза: «и таким образом между свинками каждых двух прорезов замыкается». Такой же «сланью» были укреплены места примыкания плотины к берегам: «такая же подобная первой слань и сама прикрепа плотины к берегам, между коими замыкается пруд, сланями же оканчивается» (стр. 67).

На некоторых заводах применили такую «слань» только со стороны верхнего бьефа: «таковая слань... с той токмо стороны плотины... находится, которая ближе лежит к пруду, по другой же стороне вдоль по всей сделаны свинки».

Иногда слань вовсе не применяли, устраивая срубы от одного до другого конца плотины, вдоль по всему верхнему, а иногда и нижнему ее обрезу, как, например, в Екатеринбурге.

Против прорезов делали для защиты их «дворы» из свай, забитых в два ряда на расстоянии полутора аршина одна от другой.

Вешняные «дворы» имели форму треугольников; основания которых примыкали к прорезам, а вершины были направлены в сторону пруда. Сверху и вдоль по каждому ряду свай «двора» положили бревна, укрепленные на шипах свай. Вдоль по длине плотины, но второй от края заполненной глиной, траншее, забили между свинками «в один ряд частые сваи, называемые тыном» (видимо, на шпунтах).

К сваям со стороны пруда прибили толстые доски «для большого отращения воды» (также, видимо, на шпунтах). На шипах свайного «тына» поместили так называемое «порожное» бревно, концы которого «довольно далеко в обе стороны по длине плотины под глинистую ея набойкою простираются» («мертвый» порог водоспуска).

«Порожное бревно» по замечанию Германа использовалось на некоторых заводах для вдалбливания в него (вертикальных бревен — запоров водоспуска, «коими удерживается стремление воды к сливным мостам, и коих поднятием излишество ея в весеннее многоводное время из пруда выпускается». На Камских и некоторых других заводах стойки запоров укреплялись не в самом «порожном бревне», а в положенном на последнее втором бревне («подпорожное»). Последнее было вплотную притесано к первому и скреплено с ним железными болтами и обручами; концы второго бревна врубали в свинки.

Запоры водоспуска находились на линий свайного «тына» (и порожного бревна).

Со стороны верхнего бьефа к «тыну» примыкал понурный мост: «занимающий широтою своею ширину всего прореза и идущий в длину, начиная в род тына сажени на две в ту сторону, где находится двор. Мост сей, которого один конец гораздо выше, нежели другой и имянно тот, которой ближе к тыну, лежит на режу или многих сплошь одна подле другой лежащих бревенчатых клетках, набитых туго глиною, столько же далеко простирающихся от тына к двору, сколько и понурной мост, и которые так же, соразмерно о понурностию насланного на них моста и к ним прикрепленного, одна другой зделаны ниже».

Понурный мост защищал «весь тын от воды неприметным образом... с остальною подошвою пруда».

С противоположной понурному мосту стороны тына были сделаны также примыкавшие вплотную к последнему ряжи: «зделан такой же реж и многие одна подле другой клетки набиты туго

глиною» (мертвая свинка). На ряжах находился открытый водобойный мост, примыкающий к порожному бревну (стекло).

Сливной мост установили на сваях, забитых в три-четыре ряда. На шипах свай укрепляли поперечные бревна. На некоторых заводах по обеим сторонам сливного моста вдоль по длине его клали толстые, снизу и сверху несколько стесанные бревна, называемые «огнивами»: «При других же заводах на поперечные бревна кладутся другие продольные, на которые положены поперечные на зарубах; на сих уже лежат огнива вдоль; а по сим огнивам, на верхней их несколько стесанной части, в некотором друг от друга расстоянии, продолбленные четверугольные довольно глубокие дыры, в которые всажены шипами своими короткие, небольшие сажени, четверугольные столбики, к коим со внутренней стороны моста, вдоль по всей его длине, даже до самого конца, прибиты доски и сверх -коих на шипах сих вторичных уже столбиков, по обеим сторонам сливного моста до самого же его конца положены толстые, подобные огнивам, бревна» (стр. 69—70). Полы сливных мостов устраивали из толстых, крепко сплоченных, досок, идущих наклонно вплоть до окончания моста.

Вода по сливному мосту стекала в старое русло реки. Берега последнего укрепляли и делали выше: «нарочно берега ее сделаны круче, навоженным на них соком (шлаком — В. Д.) из печей и разным хламом, дабы весною при большем выпуске чрез один или два сливные моста из пруда воды, вода сия, не могли поместиться, по причине великого ее количества, между плоских берегов реки из оных не выступила и не потопила бы строений заводских» (стр. 69).

Стойки для запоров в прорезах были вдолблены в порожное бревно. По бокам стоек имелись продольные пазы. Концы стоек были прикреплены к толстой перекладине, лежащей на краях прорезов. Стойки проходили через прорубы в мостах, перекрывающих прорезы.

Чтобы устроить щиты (вешняные запоры) к двум, параллельным, отстоящим друг от друга на 1 м, четверугольным не толстым брусьям прибили на 1,5 м вверх двухвершковые доски, тщательно сплоченные. При опускании щитов доски заходили в пазы стоек водоспуска и в паз порожного бревна. При этом брусья щитов отстояли от ближайших стоек водоспуска на 0,2—0,3 м. Верхние концы брусьев щитов (сковородники), прошедшие через прорубы переходного моста, были оббиты несколькими железными обручами. В верхних концах брусьев продолбили большие сквозные дыры для подъема запоров ломami «при помощи лежащей на переходном мосту подставки». На некоторых заводах, как, например, в Екатеринбурге, избегали сквозных дыр, от которых часто, несмотря на железные обручи, раскалывались брусья. Взамен прорезывания дыр здесь прибавали к верхним концам брусьев железные скобы, в которые закладывали ломы для подъема щитов. Над нижними щитами устанавливались как бы в виде второго этажа вторые щиты, заходившие в те же пазы вешняных стоек. Доски верхних щитов были прибиты не к двум, а к одному вертикаль-

ному брусу по его высоте на 1,5 м). Когда были установлены те и другие щиты, вертикальный брус верхнего запора находился между брусьев нижнего щита.

Кроме того, в случае необходимости устраивали еще «третий этаж» для удержания воды: закладывали в пазы вешняных стоек доски. При помощи последних, вынимая их поодиночке: «можно было по немногу выпускать излишнюю из пруда, накопившуюся в летнее или другое какое, кроме весеннего время, воду, ибо вешняки в таком случае поднимать неспособно, потому что выпустив поднятием их великое количество воды, при малом ее потом в пруду накоплении, может учиниться остановка на несколько времени действия заводского». Нижние щиты вынимали только на время очень больших паводков.

Так была сооружена: плотина длиной: от левого (по течению р. Вотки) края до первого водоспуска 145 м (68 саж.), первый водоспуск 12,8 м (6 саж.), расстояние от него до второго водоспуска 35,5 м (16 саж. $\frac{1}{2}$ аршина); второй водоспуск (соединенный с первым ларем) 11,1 м (5 саж. 12 вершков), расстояние от него до ларевого прореза 76,8 м (36 саж.); ларевой прорез 2,8 м (4 аршина), от него до конца плотины 403,23 м (189 саж.). Общая длина плотины около 685 м (321 саж. $2\frac{1}{4}$ аршина).

Ширина Воткинской плотины по гребню: 43,7 м ($20\frac{1}{2}$ саж.), по фундаменту 85,3 м (40 саж.). Высота: от фундамента до порога 5,3 м ($7\frac{1}{2}$ аршина), от порога до верхнего бруса — 4,4 м ($6\frac{1}{4}$ арш.). Таким образом полная высота плотины с брусьями составляла около 10 м.

Нормальный напор, поддерживаемый в заводском пруду для работ водяных колес 3,72 м (5 аршин 4 вершка).

Для ремонта плотины в случае необходимости сброса всей воды из пруда рекомендовалось полностью открыть водоспуски, и кроме того, отводной: «нарочно прокапываемый для сего канал, в которой направляют течение реки, отводят по заплотине, пониже несколько сливного моста в ту же реку. Для большей безопасности от воды пред тем местом плотины, которое требует починки, делают отсыпь, которую при конце работы сравнивают нарочно для отведения течения реки: в прорытый канал, засыпают и пруд наполняют опять водою, обратив направление реки на прежнее ее место; но таковые поправления плотины можно только производить в действие летом или осенью, а не весною».

Во время составления использованного источника на Воткинском заводе работал I «при плотинном и плотничных делах» мастер с жалованием в сумме 36 руб. в год, I ученик — 12 руб., плотников I статьи 8 — по 18 руб. и II статьи — 7 — по 15 руб. каждому в год. На заводе действовали — 5 молотовых «фабрик»-цехов, якорная, колотушечная, укладная. В названных цехах завода было 29 боевых (т. е. для привода молотов) и 35 меховых водяных колес. Кроме того, водяные колеса были здесь на пильной и мукомольной мельницах, а также для привода точил. В общем здесь работало до 70 водяных колес.

В «Сочинениях о Сибирских рудниках и заводах» Герман дал много ценных сведений о плотинах и других заводах, помимо Воткинского¹.

Краткие сведения о плотинах уральских казенных и частных заводов XVIII в. даны в книге Германа «Описание заводов под ведомством Екатеринбургского горного начальства состоявших»².

Златоустовская плотина

В Ленинградском горном институте хранится рукопись П. Аносова, в которой дано исчерпывающее описание в целом и в деталях плотины Златоустовского завода, построенного при впадении р. Тесымы в р. Ай в 1761 г.³ (рис. 46—54).

Златоустовская плотина была построена между горами Косотуром и Уреньгою. Длина плотины по основанию 209 м (98 саж.), а по гребню 266 м (125 саж.); ширина соответственно 38,4 м (18 саж.) и 32,7 м (15 саж, 1 аршин), высота 9,2 м (4 саж. 1 аршин). Плотина имела три прореза (рис. 46): один — ларевой («для доменного действия») и два вешняных (также с ларями), но не отдельно расположенных, а смежных, разделенных быком и имевших общий сливной мост,

Как и в других заводских плотинах того времени, основными материалами, использованными при строительстве, были дерево и глина. Дерево, как и обычно, было использовано, главным образом, в прорезах, а тело плотины было глиняным. В описании точно указано, какой должна быть глина: «Глина не должна быть камениста и песчаниста. Быстрое прожимание воды сквозь песок заставляет почитать ее неспособною. Она не должна быть также жирна и как бы мыловата: большая жирность соделывает ее способною при высыхании слиться и даже крошиться. Но лучшую (глиною — В. Д.) должна почесться та, которая при высыхании, не производя трещин, плотно спекается (ссыхается — В. Д.). Сверх того надлежит остерегаться, чтобы глина не содержала сырости, ниже, чтобы была слишком суха». Последнее замечание, относящееся к самому процессу строительства, обосновывалось тем, что слишком сырую глину трудно утрамбовывать, в результате чего при высыхании в ней могут образоваться трещины. В случае же применения чересчур сухой глины могло, несмотря на утрамбовывание, оставаться в ней «множество мелких промежутков, в кои со временем вода может прожиматься».

¹ См., например, в т. I (1797 г.) о плотинах заводов: Кушвинского (стр. 41), Нижнетуринского (стр. 44), Верхнетуринского (стр. 54—55), Баранчинского (стр. 59—60), Серебрянского (стр. 62), Юговского (стр. 89), Верхнеюговского (стр. 94), Бымовского (стр. 101—103), Алейского (стр. 247), Локтевского (стр. 250), Гавриловского (стр. 265) и т. д.

² «Описание заводов под ведомством Екатеринбургского горного начальства состоявших... С ситуационным планом золотых рудников. Печатано в типографии Екатеринбургских горных заводов», 1808 г.

³ «Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского завода, составленное практикантом П. Аносовым, 1819 году», 140 страниц текста с приложением семи таблиц чертежей.

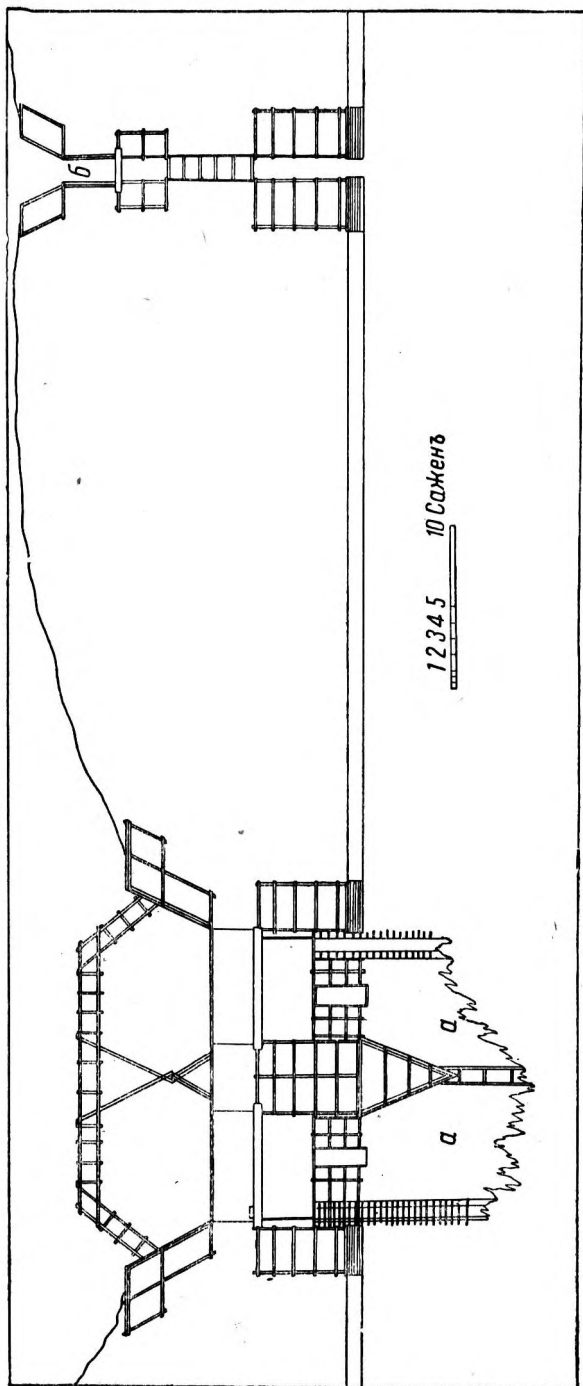


Рис. 46. План Златоустовской плотины (по Аносову).

Из лиственницы, как «прочнейшего здесь из всех деревьев», срубили для установки в плотине у прорезов два ряжа, пять быков и четыре свинки. Из них для верхнего прореза — один большой ряж, три быка и две свинки; остальное — для ларевого прореза. Ряжи были срублены «в чашку» из продольных и поперечных бревен, образующих «клетки такой величины, какой вырыты борозды» (рис. 47). Бревна для ряжей брали в диаметре не менее 0,3 м (7 вершков) при тонком конце. Так как для большого ряжа, «на котором стоят три быка», нельзя было найти цельные бревна на всю длину быка, пришлось применить составные. Стыки в них рассчитали так, что они пришлись под средним быком. Высота каждого ряжа 2,1 м. Первый ряж был длиной 49 м, при ширине 14,2 м; второй ряж имел в длину 16,3 м и в ширину 14,2 м.

Быки (рис. 48) рубили тем же способом, как и ряжи. Основное отличие конструкции было в размерах и распределении клеток.

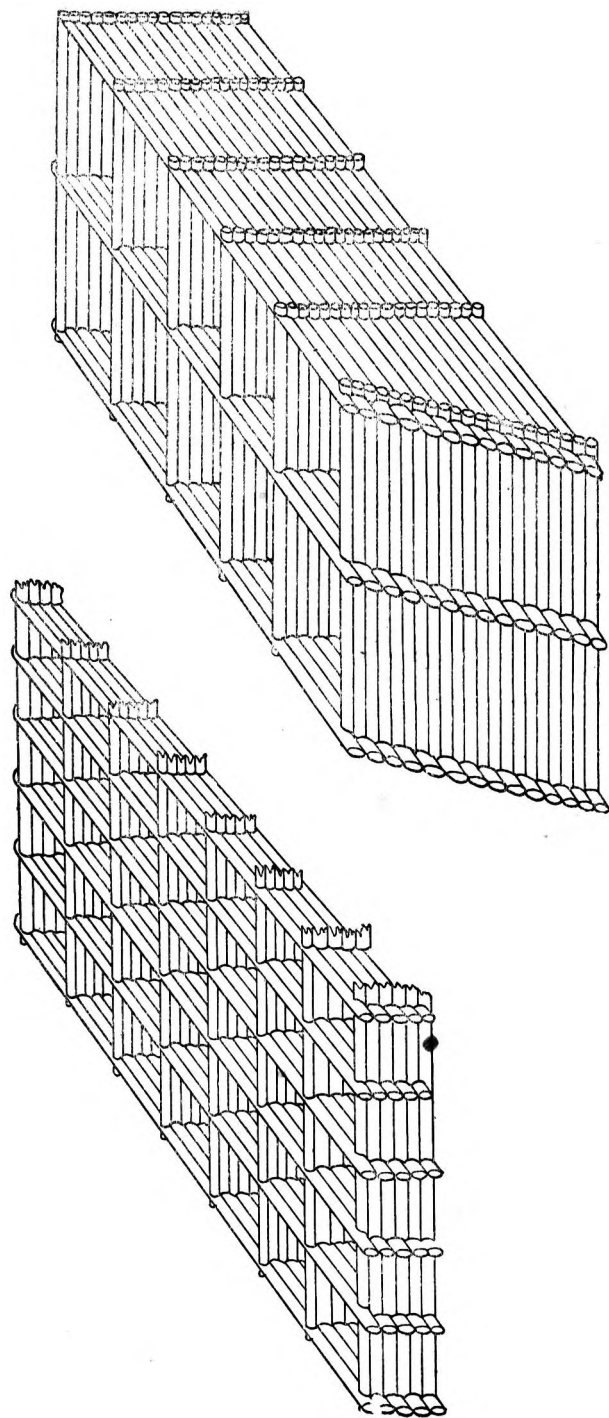


Рис. 47. Ряж (по Аносову).

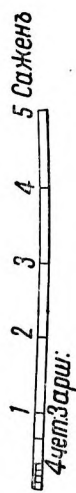


Рис. 48. Бык (по Аносову).

Средний бык был разделен срубами по длине на две части, а по ширине на пять, т. е. в нем было десять клеток; крайние же разделялись только по ширине на пять клеток. Крайние клетки быков со стороны, направленной к заводу, постепенно суживались кверху. Все быки были одинаковой высоты (7,1 м). Средний бык имел в ширину 9,2 м, а крайние по 7,1 м. Длина у всех быков была одинаковой — 13,78 м (19¹/₄ аршина), т. е. примерно на 0,50 м меньше ширины рья, поперек которого ставили быки.

Косые свинки (рис. 49) состояли из двух срубов, соединенных под тупым углом (на рис. 49 ошибочно угол показан прямым; см. рис. 46). Длина свинки (стороны у внешнего угла) 8,5 м, ширина 4,2 м, «Вышина их от почвы — 13 аршин (9,2 м), да сверх того стоят в земле на 1 аршин» (0,7 м), т. е. полная высота свинок 9,9 м.

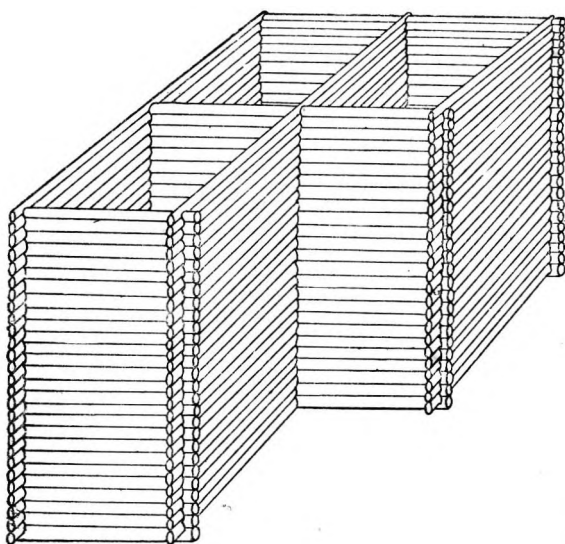


Рис. 49. Косая свинка (по Аносову).

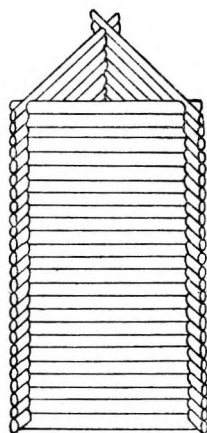


Рис. 50. Нос среднего быка (по Аносову).

Средний бык был установлен посредине внешнего прореза, образовав тем самым как бы два самостоятельных прореза. Остальные быки стояли по краям прорезов, сопряженными с телом плотины. Для того чтобы средний бык стоял под напором воды достаточно прочно, перед ним поставили нос (рис. 50), направленный в сторону запруды. Конец носа среднего быка выходил на линию свинок. Нос представлял собой трехгранный сруб одинаковой высоты со свинками (9,9 м). Сторона носа, обращенная к быку, имела в длину 4,3 м, а две остальные по 6,4 м. Кроме того, у среднего быка был второй нос, равный по высоте половине высоты плотины и установленный у конца быка, направленного в сторону нижнего бьефа.

На площадке, предназначенной под плотину, вдоль по всей плотине от горы Уреньги до горы Косогура выкопали до материка траншею (глубина 2 м, ширина понизу 2,1 м и поверху 4,2 м), предназначенную для закладки глиняного зуба.

На площадях у прорезов, предназначенных для установки ряжей, прорывали продольные и поперечные борозды (глубиной около 0,7 м), расположенные на расстоянии одна от другой около 2 л. В эти борозды устанавливали ряжи. Затем накладывали в клетки ряжей слой глины (не толще 0,17 м), глину разравнивали и тщательно утрамбовывали; после того загружали второй слой глины и т. д., пока не была заполнена клетка до самого верха ряжа. На передний край ряжа, по всей его длине, клали порожнее бревно (четырёхугольного сечения, толщиной не менее 0,53 м). После того забирали передние части ряжей «тыном» из ларевого теса, срубленным одна доска к другой в «закрой».

Верхушка «тына» примыкала к вырезке в нижней стороне порожнего бревна. Такими мероприятиями боролись против возможной фильтрации.

После установки ряжей приступали к закладке понурных мостов. Клали у свинок брус. От его концов к прорезу забивали в один ряд частые, постоянно возвышающиеся, сваи, на которые закладывали затем доски из ларевого теса, упирая их одним концом в вырезку в пороге, а другим в брус.

После этого устанавливали на места быки, свинки и носы быков. Быки устанавливали так, чтобы они придавили своею тяжестью порог. Набивали глиной клетки срубов быков, носа и свинок. По краю понура устанавливали стойки, обшивая их ларевыми досками, сплоченными «в закрой» с тем, чтобы образовать водонепроницаемую стенку между свинками и быками, стоящими по краям прореза. Также обшивали и самые свинки и быки. Особенно следили за тем, чтобы нижние доски, обшивающие бык, хорошо заходили в паз в порожнем бревне. По мере сооружения деревянных конструкций выкладывали глиняное тело плотины.

Часть прореза, заключающаяся между быками, называлась *с т е к л о*, к которому относились — мост между прорезами, коренные стойки и запоры (рис. 51).

В прорезе клали на брусья ряжа продольные (по длине прореза), а на них поперечные лежни так, чтобы образовались клетки. Концы поперечных лежней врубали в быки. Образовавшиеся клетки плотно набивали глиной и затем покрывали все ларевым тесом. Получившийся по современной терминологии водобойный мост назывался «мертвым» (рис. 51). На него клали «бычки» *б* против тех мест, где должны были находиться «коренные» стойки *в* запоров, т. е. количество «бычков» было равным количеству стоек. «Бычки» соединяли с «мертвым» мостом железными болтами с гайками. Пространство между бычками устилали ларевым тесом. Из девяти «коренных» стоек *в*, показанных на рис. 51, две примыкали к углам срубов быков. Высота стоек 6,4 м, толщина 0,53 м. В стойках были сделаны вырезы, в которые заходили концы досок затворов. Сверху на шипы стоек был положен красный брус *г*, изготовленный из че-

Полотно коренного «вешняка» (нижнего щита) имело 2,4 м высоты при 1,4 м ширины, а полотно верхнего «вешняка» (верхнего щита) 2,8 и 1,4 м. Полотно было пригнано так, чтобы оно плотно входило в вырезы коренных стоек.

Стрела — четырехугольный брус, как это было обычным, имела в верхнем конце, окованном железом, отверстие для подъема при помощи лома стрелы с щитом. Полотно коренного щита укреплялось на двух стрелах болтами с гайками, а полотно верхнего — на одной стреле. Стрелы верхних щитов располагались между стрелами коренных. Щиты, обслуживавшие лари, ничем не отличались от «вешняков», кроме своего назначения.

От водоспусков к самому руслу реки шел сливной мост (рис. 46, а), достигавший в длину 310 м, ширина его 30,5 м, падение 0,8 м.

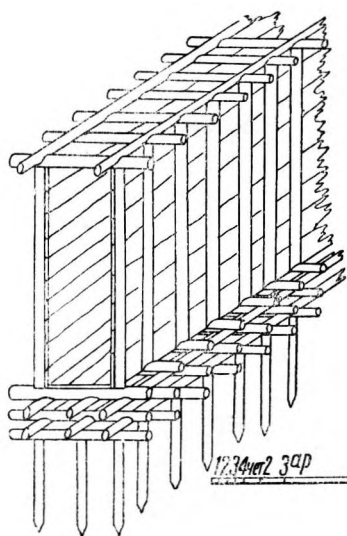


Рис. 52а. Ларь (по Аносову).

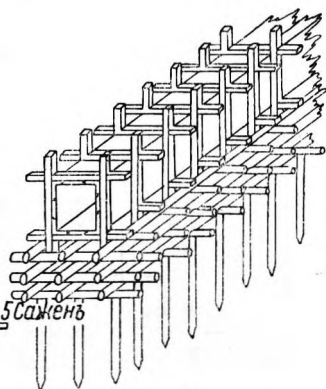


Рис. 52б. Ларевая труба (по Аносову).

Сливной мост отличался от ранее рассмотренных тем, что он обслуживал одновременно два спаренных прореза. От носа среднего быка мост был разделен бревенчатым срубом на две части; сруб загрузили камнями и доменным шлаком. Мост был обшит снизу и с боков расколотыми пополам бревнами. Отдельные детали главного прореза хорошо видны на рис. 53 и 54.

Далее Аносов описывал устройство отдельных частей ларевой системы. Лари он определяет, как «трубы, в коих вода стоит на одном горизонте с водою в пруде». Лари и ларевые трубы покоились на ряжах, установленных на сваях. Конструкция ларя показана на рис. 52а. Изнутри ларь обшит трехвершковыми досками на шпунтах («По сему то употреблению тес такой толщины называется ларевым», стр. 45). Сечение ларя 6,0 X 2,4 м. На рассмот-

ренном прорезе ларь шел с левой стороны сливного моста на 55 м, далее шла ларевая труба с сечением 1,7 X 1,4 м. Ларевая труба также была обшита изнутри ларевым тесом (рис. 52б). С правой стороны прореза от самого затвора шла на 68 м ларевая труба с сечением 1,4 X 1,4 м, подававшая воду в ларь, который шел далее на 47 м. Затем опять шла ларевая труба. Автор «Описания» Златоустовского завода, сопоставляя лари и ларевые трубы, считал целесообразным отдать предпочтение трубам.

Вода из ларей или ларевых труб поступала в «заводские колодцы» (длина 6,4 м, высота 6,0 м, ширина 2,1 м), которые по существу представляли собой по конструкции те же лари. В каждом колодце имелось два окна с затворами, через которые вода подавалась на колеса.

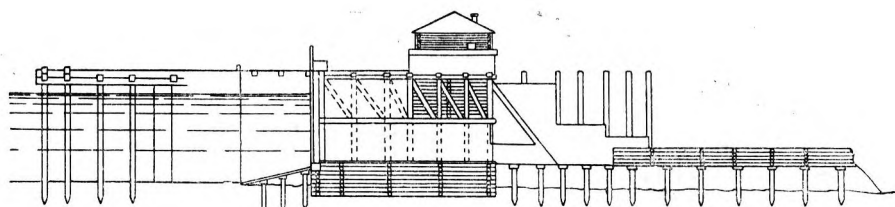


Рис. 53. Поперечный разрез Златоустовской плотины через водоспуск (по Аносову).

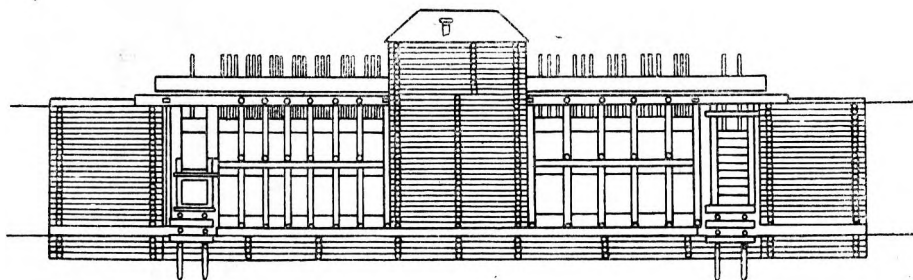


Рис. 54. Водоспуск Златоустовской плотины со стороны нижнего бьефа (по Аносову).

Ларевый прорез в Златоустовской плотине (рис. 46, б) имел в ширину 2,1 м; все в нем было подобным вешняному. Вода через этот прорез поступала в ларевую трубу (0,9 X 0,9 м), подававшую воду к колодцам у колес, приводивших в действие воздуходувные мехи у домен.

Заводский пруд в Златоусте «при полном скопе воды» имел в длину около 5 км при наибольшей ширине порядка 1,5 км.

Вода здесь использовалась для верхнебойных колес.

Кроме рассмотренной главной заводской плотины в Златоусте была тогда ниже от нее по течению на 1½ км вторая (длина понизу 42,7 м, поверху 53 м; ширина поверху 9 м, а понизу 14 м). При незначительном напоре (2,8 м) здесь могли быть использованы только подливные колеса.

Сланевые плотины

При описании деривационных гидросиловых установок были даны некоторые материалы о технике сооружения сланевых плотин и так называемых подпруд. Представляется целесообразным дополнить указанные материалы описанием оригинальных сланевых плотин, известных в XVIII в. Под названием «цыганских». Такая плотина была описана в 1790 г. в «Трудах Вольного экономического общества»¹ (рис. 55). Автор описания Ренованц, известный ученый путешественник и знаток горнозаводского дела, объездивший обширную часть России, хорошо знал, как дорого обходится постройка обычных земляных плотин. Выступление в печати как раз и было рассчитано на привлечение внимания к сланевой плотине, легкой по технике выполнения и не требующей особых затрат.

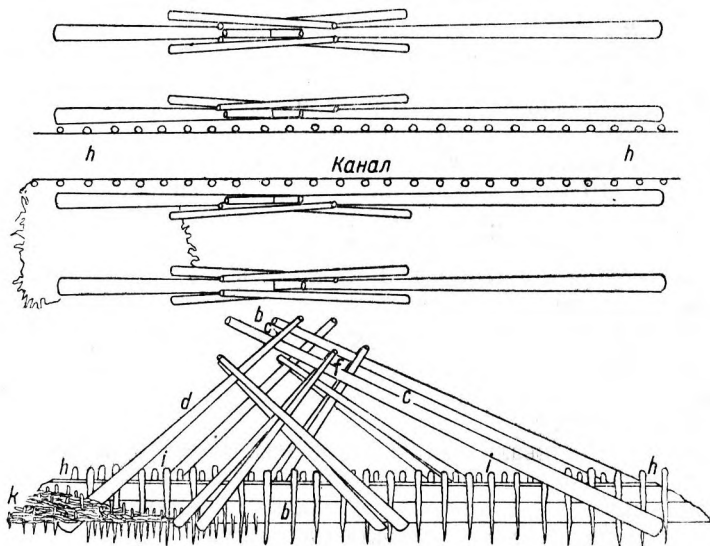


Рис. 55. Плотина так называемого «цыганского типа» 1790 г. («Труды Вольного экономического общества»).

«Цыганскую» плотину рекомендовалось делать высотой от 3—4 до 6 аршин (2,1—2,8—4,2 м). После выбора высоты плотины измеряли ширину возможного разлива, устанавливая необходимую длину и толщину плотины. Для подачи воды к колесам рекомендовалось выкопать у одного из концов плотины ров или устроить «ларь по вбитым и досками обшитым сваям». Прорез для ларя должно было устраивать только о таком месте, где течение было бы вдоль плотины и к берегу: «чтоб от того места, где воде чрез заплот (в ларь) течь надобно, она всем своим количеством, запло-

¹ Г. М. Ренованц, О строении прочнейших заплотов вместо дорогих плотин при мельницах, фабриках и рыбных прудах, «Труды Вольного экономического общества», т. 42, СПб, 1790, стр. 76—93.

том остановленным, ударяла в берег». В случае рыбных прудов или лесосплавной плотины рвы и лари были не нужны.

Ров обычно обшивали досками, устраивая сверху над ним перекладки, чтобы зимой можно было накладывать на них хворост для предохранения от охлаждения и замерзания воды (обычный прием того времени).

Для того чтобы можно было спускать «излишнюю или совсем, если понадобилось», воду, при начале строительства закладывали трубу: «в самой глубине реки... из толстых бревен зделанной жолоб» (рис. 55, литера *h*). Относительно размеров трубы Ренованц ограничился замечанием, что она должна быть столь же длинна, сколь широка плотина, а высоту и ширину иметь «для спуска воды довольную». По обеим сторонам трубы забивали «довольное количество» мелких свай *i* так, чтобы они на поларшина или на аршин (0,35—0,7 м) были выше желоба. Это было необходимым, чтобы в дальнейшем переплести их концы хворостом. Если такая плотина устраивалась на рыбном пруду, делали в ней обычный спуск с решеткой.

На каждые 2 аршина (1,4 м) по длине плотины заготавливали два бревна и четыре тонких перекладки или «вершинника». При высоте плотины в 6 аршин (4,2 м) полагалось, чтобы бревна были длиной по 14 аршин (10 м), а «вершинник» — по 9 аршин (6,4 м). Одновременно заготавливали несколько тысяч маленьких «свай»¹ — кольев длиной по 1 аршину (0,7 м). Также запасали достаточное количество хвороста длиной примерно в 1 саж. (2,1 м).

Затем начинали вести строительство по возможности быстрее.

Из бревен и «вершинника» устраивали козлы (рис. 55, *d*, *c*, *f*). Как только пара козел была готова, их устанавливали по обе стороны водоспускной трубы *h* так, чтобы длинные «ноги» козел были со стороны запруды.

Затем устанавливали такие же козлы, через каждые 2 аршина (1,4 ж), по оси плотины, по обеим сторонам от трубы. Ставили их по всей длине плотины, постепенно укорачивая короткие «ноги» с тем, чтобы все вершины козел лежали на одной горизонтали. Длинные «ноги» козел сохраняли одинаковыми с тем, чтобы они после установки образовали все вместе своими «нижними концами некоторый род дуги». Ренованц указывал: «если бы длинные бревна, смотря по возвышающемуся берегу, должно было также укорачивать, то б вода по обоим концам заплота составила б с ними прямой угол, а потому и могла б удобно подмывать берег».

После установки всех козел заколачивали тонкими концами в грунт «большое и неопределенное количество» маленьких кольев

Забивали их по всей площади будущей плотины, отступя по обе стороны плотины по крайней мере на $\frac{1}{2}$ аршина (0,35 ж) от «ног» козел. Далее начинали переплетать кольца прутьями.

Автор описания требовал выполнить следующее: «разложи чрез всю реку целый ряд прутняка так, чтоб вершины его все против течения реки стояли, переплети их тонкими ветвями или корнями так, как обыкновенно плетут плетни или заборы» (стр. 90). Закончив переплетание первого ряда прутняка, накладывали второй слой,

ориентированный также тонкими концами против течения. Переплетали второй слой прутняка какими-либо корнями или тонкими ветвями и т. д. Как только колья становились короткими, забивали прямо в плетень другие колья. Таким образом шла работа, пока переплет кольев, прутняка и ветвей не достигал до гребня. С некоторой, точно не указанной, высоты следили за тем, чтобы плетеная часть соответствовала профилю, образованному козлами, или, как говорит автор описания, следили: «дабы заплот по образу козлов, получил надлежащее свое направление».

Автор указывал, что ни в коем случае не следует скупиться в расходе кольев и «везде по плетням новые вколачивать». Он настаивал на возможно более тщательном плетении. «Не худо,— писал автор,— также при каждом переплете пустые места засыпать илом или глиною для того, чтоб с самого начала не так много вода сквозь плетни проходила» (стр. 91).

По окончании плетения, когда все козлы были оплетены, насыпали глину на откос плотины со стороны верхнего бьефа. Глину тщательно утрамбовывали. Когда слой глины по каким-то причинам находили недостаточным, одевали откос дерном. Рекомендовалось с обеих сторон плотины посадить ивы «кореньем коих заплот с берегом так сцепляется, что никакая сила воды промыть оного не в состоянии».

Рекомендуя вниманию всех такие плотины, автор описания утверждал, что: «ни одна из искусственнейших плотин с сими малостоящими заплотами даже на самых быстрейших реках в рассуждении прочности сравниться не может».

Предупреждая возможность предположений, что много воды может протекать сквозь плетни, автор заявлял: «должен я еще удостоверить, что проходящая вода в первые годы так их илом замывает, что в последующие времена плотностью своею превосходят они самые огромные и дорогие плотины» (стр. 92).

В описании Ренованца, много неясного и много неточностей. Не считая почему-то должным автор дать описание каких-либо конкретных плотин данного типа. Тем не менее его описание заслуживает внимания, как интересный пример дешевых и простых по технике выполнения плотин, известных в России еще в XVIII в.

Омская плотина

На основании изученных нами материалов по технике сооружения плотин для мукомольных мельниц XVIII в. одной из наиболее интересных в числе таких плотин представляется для того времени плотина, сооруженная плотинным мастером Бадьным на р. Оми в 1793 г. В Новосибирском областном историческом архиве сохранились краткое описание и чертежи этой плотины, озаглавленные: «Описание плотины и профилей, представляющие вновь построенную плотину неподалеку от Омской крепости на реке Оми мастером плотинным Бадьным 1793 года» (Архивный № 6245). Выполнил чертеж в Омской крепости «механической ученик Афонасей Вяткин» (рис. 56).

Как чертеж, так и слишком краткое описание страдают некоторыми пробелами и неточностями. Многие из номеров, показанные на чертеже, не упоминаются в списании, и т. д. Судя по чертежу, плотина имела в длину около 140 м при ширине ряжей по гребню 12 м; общая высота плотины около 8,5 м. Порог водослива заложили на отметке 6,4 м от дна пруда, порог водоспуска 5,95 м и порог рабочего прореза 5,4 м. По размерам данная плотина принадлежит к числу крупных инженерных сооружений для того времени. Плотина была сооружена для привода в действие мукомольной мельницы с четырьмя подливными водяными колесами, каждое из которых приводило в действие один мельничный постав.

Тело плотины было сплошь срублено из бревенчатых ряжей, установленных на сваях: «Сваи круглые битые большим, капром, под таеревяновой ряжей». Клетки ряжей были «набиты мякотию, состоящей из красной глины». На чертеже виден только со стороны верх-

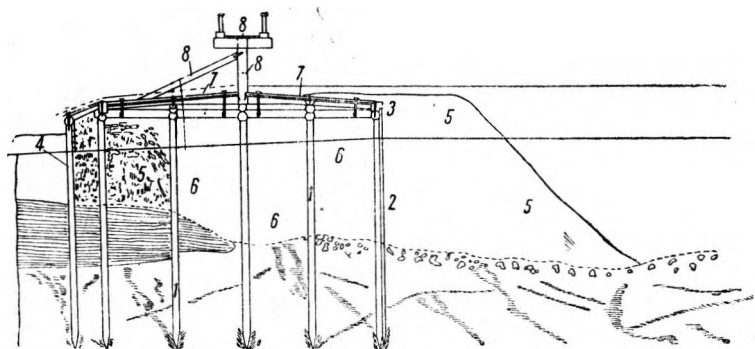


Рис. 56. Поперечный разрез плотины, построенной Бадьным на р.

Оми в 1793 г. 1 — сваи, битые на всем протяжении тела плотины; 2 — шпунтовый ряд; 3 — «череповой брус»; 4 — «сваи, битые под малым на заде плотины слюзом»; 5 — отсыпь; 6 — «Мякоти, набитые между режами и помянутыми шпунтовыми сваями»; 7 — мост водоспуска: «мост насланный из тесу»; 8 — пешеходный мост и поддерживающие его стойки (НИА).

него бьефа шпунтовый ряд из свай, забитых копром на протяжении всей плотины только по наружному обрезу ряжей: «сваи шпунтовые битые большим капром чрез всю реку». Отсыпь показана на чертеже со стороны верхнего бьефа. Правый конец плотины примыкал к зданию, в котором была, мельничная установка. У левого конца плотины показано весьма значительное фашинное крепление: «чаша, сделанная позади плотины». Такое крепление устроили именно там, где ранее проходило русло реки. Помимо вертикального, упоминавшегося выше, шпунтового ряда, судя по описанию, именно здесь защитили тело плотины (также только со стороны верхнего бьефа) шпунтовой стеной: — «лежачей тын, сделанной в шпунт и загорожено оным место, где была схватка реки».

В теле плотины устроили три прореза: большой, средний и малый. Судя по чертежу и описанию, они имели следующее назначе-

ние: большой прорез — водослив, средний — водоспуск, малый — рабочий прорез, подающий воду к мельничным колесам. Отверстие большого прореза, видимо, было свободным. В нем были установлены только стойки, поддерживавшие мост для пешеходов и убравшиеся вместе с мостом на время половодья. Общее протяжение большого прореза по оси плотины составляло около 64 м. Устроив столь длинный большой прорез, Бадьин создал здесь водослив, обеспечивавший свободный сброс воды. Тем самым было дано решение, приближающееся к водосливной плотине. Судя по чертежу, основание плотины, со стороны нижнего бьефа, было защищено мощной сланевой кладкой от размывания сливающейся водой. Такая сланевая подушка хорошо видна на поперечном разрезе плотины (рис. 56). Средний прорез, расположенный в правой части плотины, занимал по оси плотины около 9 м. Этот прорез имел ставни (щиты), устроенные так же, как и весь прорез, полностью подобно обычным водоспускам (вешняным прорезам) типичных для того времени заводских плотин.

Порог среднего прореза был заложен примерно на 0,45 м ниже, чем порог большого прореза. Таким образом средний прорез представлял собой водоспуск, позволявший понизить уровень воды в водохранилище на 0,45 м по сравнению с уровнем, поддерживаемым водосливом (большим прорезом).

Третий прорез («меньшой прорез») предназначался для подачи воды к мельничным колесам. Малый прорез имел в ширину около 4,6 м. Порог малого прореза был заложен, судя по чертежу, примерно на 0,55 м ниже порога водоспуска и на 1,00 м ниже порога водослива.

Так же как при водосливе, и при водоспуске, и при рабочем прорезе вода, прошедшая через прорезы, стекала на мощную сланевую кладку, защищавшую основание плотины от размыва сбрасываемой водой.

Плотина Бадьина — единственное в своем роде известное нам для того (Времени) сооружение, представляющее своеобразное сочетание водоспускной и водосливной частей в одной плотине.

Помимо упомянутых чертежа и данного на нем же краткого описания не удалось разыскать какие-либо материалы о технике сооружения Омской плотины. Также не удалось разыскать и какие-либо сведения об ее эксплуатации. Возможно, неблагоприятно отразилась на последующей судьбе плотины самая конструкция ее из ряжей, проходивших через тело плотины. Как свидетельствуют документы, при таких решениях вода зачастую просачивалась через все тело плотины вдоль по бревнам, вымывая глиняную набойку плотины и обуславливая последующие (разрушения). Также нельзя признать удачным и самый профиль плотины. Наконец, весьма уязвимой была та часть плотины, где ее продолжение составляла мельница.

Не требует никаких доказательств, что Бадьин был хорошо знаком с техникой сооружения заводских плотин того времени и пытался применить достижения горнозаводского плотиностроения в своем сооружении. Об этом достаточно говорит даже простое (внешнее сопоставление отдельных деталей таких плотин и Омской

плотины¹. Бадьин, несомненно, был человеком, стремившимся к новаторству и пытавшимся выработать новый тип плотины на основе учета предшествующего опыта. Таким образом следует признать, что строитель Омской плотины принадлежал к числу передовых гидротехников того времени.

Змеиногорская плотина

Плотина построена в 80-е гг. XVIII в. на р. Змеевке при Змеиногорском руднике Алтайского края. Как упоминалось выше, первая небольшая плотина была построена здесь в 1748 г. (первый змеиногорский похверк — рис. 26). Затем в связи с развитием рудника в начале 50-х гг. XVIII в. здесь же была сооружена вторая плотина несколько ниже первой по течению р. Змеевки (второй змеиногорский похверк). В 80-е гг. XVIII в. К. Д. Фролов приступил к постройке рассмотренной выше знаменитой гидросиловой установки и создал для нее на месте плотины второго похверка новую большую плотину с семнадцатиметровым напором. Новая плотина подтопила старую плотину, лежавшую выше по течению, и образовала весьма обширное водохранилище (рис. 57)².

Какие-либо материалы о технике сооружения Змеиногорской плотины К. Д. Фролова не удалось разыскать ни в сибирских, ни в ленинградских архивах. Нами выявлены в архивах лишь генеральные схемы, воспроизводящие в общих чертах топографическую ситуацию. Только на проектных чертежах 1783—1784 гг. даны схемы этой плотины³. Однако следует учесть, что при постройке воя установка была осуществлена с очень большими изменениями по сравнению с проектами 1783—1784 гг. Иначе чем в проекте осуществили забор воды; иное решение получила силовая установка. При таком состоянии (материалов мы посчитали необходимым обследовать на месте данную плотину, исключительно интересную уже потому, что она была сооружена К. Д. Фроловым для обслуживания гидросиловой установки, представлявшей шедевр XVIII в. Обследование было проведено нами в 1938 г. и затем в 1939 г. (рис. 58). В результате обследования мы убедились, что построенная К. Д. Фроловым в 80-е гг. XVIII в. плотина очень хорошо сохранилась и представляет одно из наиболее интересных гидротехнических сооружений того времени.

¹ Идею водослива Бадьин мог заимствовать только с алтайских заводов, так как на Урале водосливные плотины появляются; видимо, только в XIX в. Только в 20-е гг. XIX в. две водосливные плотины были построены на Нейво-Алапаевском заводе: «Обе последние плотины запруживают реку Нейву и построены водосливом. Устройство их состоит из бревенчатого режа о двух скалах во всю ширину реки; пустые полости наполнены глиною; верхний порог лежит на высоте 18 футов (5,5 м) от нормального горизонта реки» (Рожков, О гидравлическом горнозаводском хозяйстве, «Горный журнал», 1856, стр. 133).

² План ситуации Змеиногорского рудника с имеющимся при оном казенным и партикулярным строением, также окружности около ево до пятиверстного расстояния». Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 337.

³ Центральный государственный архив народного хозяйства, Ленинград, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, опись 44/1130, дело № 29.

Плотина перегораживает глубокий и широкий (около 160 м ширины) лог, по которому протекала р. Змеевка. Берега лога спускаются круто (угол падения от 25° до 38°), образуя затем внизу сравнительно ровную площадку с небольшим падением к реке. С обоих берегов плотина примыкает к каменистым холмам, возвышающимся над гребнем плотины на 4,5—9 м (отметка гребня плотины 18 м, отметка гребня холмов 27 м). Место для сооружения плотины выбрано очень удачно. Оба каменистые берега представляют как бы естественное продолжение плотины (примем, встречающийся у лучших гидротехников XVIII в.; например, см. выше Гавриловская плотина) и препятствуют фильтрации воды в обход плотины.

Основной материал тела плотины — суглинок. Общая длина плотины поверху 158 м, а пониже 86 м. Профиль плотины трапециодальный¹. Ширина по

¹ Незначительный расхождение в размерах плотины, приведенных в документах времени постройки (гл. VI) и полученных при обмерах, проведенных с натуры в 1939 г. (т. е. через полтора столетия после постройки), объясняются как осадкой тела плотины, так и имевшими место изменениями при эксплуатации.

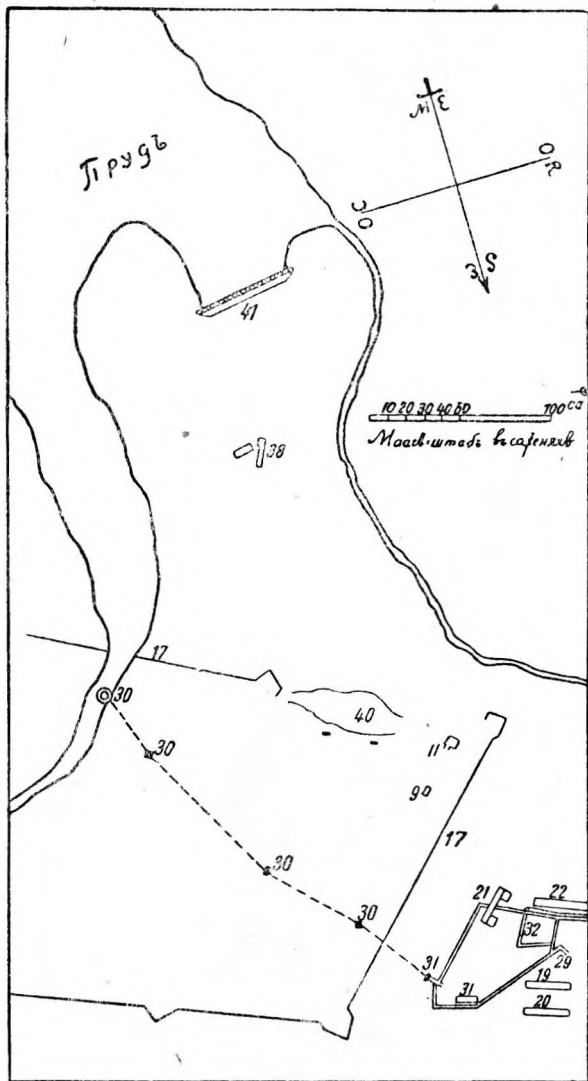


Рис. 57. Ситуация большой Змеиногорской плотины, по чертежу 90-х гг. XVIII в. 41 — плотина (на протоке у правого берега не обозначен имевшийся здесь водоспуск); 9 — важня; 11 — подвал, где хранится сало; 17 — крепостной вал; 19 — плотничный сарай; 20 — конюшня; 21 — кузница; 22 — рудоразборные сараи; 29 — кунштат с водяным колесом Екатерининской рудоподъемной машины; 30 — водозабор и штольня, подающая воду к машинам; 31 — пильная мельница; 32 — плангерты; 38 — зухорты; 40 — Комисский разнос (ЦГАИХ, Л.).

гребню колеблется в пределах от 12 до 20 м. Благодаря сначала крутому падению берегов лога, а затем сравнительно ровному дну плотина по всей длине имеет примерно одинаковую ширину понизу — 82 м (из них: заложение сухого откоса 24 м и мокрого 46 м). Объем тела плотины составляет до 100 000 м³. Высота плотины 18 м; максимальный напор в настоящее время до

17,5 м. Зеркало водохранилища, созданного плотиной, имеющего чашеобразную форму, составляет около 6,5 км² (длина водохранилища около 3 км и ширина до 2,5 км). Питается водохранилище речкой Змеевкой (расход речки 0,25—1,50 м³/сек), рядом ключей, весенней и дождевой водой. Деревянный водоспуск для сброса поступающей в водохранилище излишней воды расположен чрезвычайно удачно. Строитель правильно использовал топографические условия, позволившие расположить водоспуск в стороне от тела плотины за бугром, прилегающим к левому концу плотины. Столь же удачно рассчитал К. Д. Фролов водоспуск, расположив его на отметке 15,50 ж и придав ему в ширину 5 м. На протяжении вековой эксплуатации водоспуск очень хорошо справлялся с пропуском вод как снеговых, так и дождевых паводков (паводковые расходы р. Змеевки около 50 м³/сек). Даже катастрофический паводок 1793 г., прокатившийся как грандиозное стихийное бедствие по Алтаю, не вызвал сколько-нибудь существенных повреждений в водоспуске.

Забор воды из водохранилища для действия гидросиловой установки осуществлялся головным! сооружением, подававшим (воду в штольню (рис. 57). Таким образом и водозабор был устроен на очень большом расстоянии от плотины. И самое применение штольни (взамен открытой деривации) и местонахождение головного водозаборного сооружения вне тела плотины представляют чрезвычайно удачные решения, полностью соответствующие нашей современной практике гидротехнического строительства.

Также исключительно положительную оценку вызывают рациональные очертания, приданные строителем телу плотины в поперечном разрезе.

Весьма интересны оба откоса. Мокрый откос — ломаный; в верхней его части заложение 1 : 3 и в нижней 1 : 2. Перелом в очертании откоса, возможно, обусловлен тем, что при сооружении большой плотины была использована старая малая плотина, имевшая указанное падение. Так как водохранилище было заполнено водой, нам не удалось установить характер крепления откоса верхнего бьефа; на основании опросов можно предполагать, что здесь имеет место некоторое крепление камнем.

Сухой откос плотины прекрасно задернован. От гребня плотины он идет с заложением 1 : 1,35. Затем прослеживается небольшая берма возможно, несколько оползшая, так как она не горизонтальна и ее удастся проследить не по всей длине плотины). С отметки ¹

¹ На упомянутой отметке в теле плотины с сухого откоса был заложен каменный свод, в который поступала вода по трубе из верхнего бьефа. В этом месте сделана в теле плотины небольшая выемка с каменной отстойкой. Труба в настоящее время засыпана. Куда и для какой цели поступала вода из трубы, не удалось установить. Видимо, данное сооружение позднего происхождения.

9,6 м сухой откос идет с заложением 1 : 1,30. От отметки 11,0 книзу по всему телу плотины прослеживается крепление каменной кладкой, положенной насухо в виде правильных рядов с перевязкой швов.

Не располагая возможностью углубить на месте исследования, мы не можем сказать, представляет ли каменная кладка только поверхностное крепление откоса или здесь отсыпан каменный банкет, доходящий до упомянутой отметки. При обследовании позднейшей выработки в теле плотины, в которой уложены трубы рассмотренного далее сифона, камень прослеживается по телу откоса на глубину только от 0,75 до 1,5 м. Тем самым представляется более вероятным, что здесь имеет место только каменное крепление, а не банкет. При этом не следует, однако, забывать, что мы не располагаем материалами, свидетельствующими, в какой мере обрезы упомянутой выработки соответствуют их состоянию в момент вскрытия откоса по линии выработки.

Выше упомянутой отметки 11 м следов камня не обнаружено и откос только задернован (разросшийся здесь репейник разрушает своими корнями плотину).

Фильтрация через тело плотины наблюдалась очень незначительная (три небольших ключа у подошвы сухого откоса). Вода в ключах во время обследования (10 октября 1939 г. при температуре воздуха + 11°C) имела температуру + 4°C, что говорит в пользу предположения об ее глубинном происхождении. Вода в ключах выходит совершенно чистая, что дает основание считать, что здесь нет вымывания частичек грунта. Следует также отметить, что пониженное дно лога, примыкающее к плотине, в момент обследования было местами несколько заболочено; не исключена возможность отчасти за счет осадков.

Хотя мы и не располагаем исчерпывающими данными о конструкции Змеиногорской плотины, все же представляется весьма целесообразным предварительное сопоставление ее профиля с профилями некоторых позднейших плотин, построенных из суглинка с таким же напором и в примерно аналогичных условиях (рис. 59). Обращает на себя внимание необычайно сжатый профиль Змеиногорской плотины, ее увеличенная по сравнению с другими ширина поверху, значительная экономия труда и материала при стройке и весьма крутой сухой откос. Все из приведенных для сопоставления земляных плотин, построенных в много более позднее время, имеют менее смелое очертание, чем плотина К. Д. Фролова, простоявшая свыше 150 лет.

Рассматривая замечательное сооружение К. Д. Фролова, нельзя умолчать о безобразном отношении к плотине последующих хозяев, вносивших «новшества», весьма вредные для нормальной работы и сохранности сооружения. Так, например, следует отметить позднюю по времени, но теперь не существующую, установку мельницы — непосредственно на гребне плотины. Сохранились в виде выемок остатки подводящего канала (пунктир на рис. 58). Неизбежным результатом установки данной мельницы был частичный размыв тела плотины у левого берега и образование большой ямы там, где был

сруб самой мельницы и откуда прямо по плотине сбрасывалась вода в нижний бьеф.

Последнее «новшество», введенное в тело плотины — сифон, сооруженный «Запсибзолотом» несколько лет тому назад. Сифон состоит из металлических труб (диаметр 0,25 м) и лежит в траншее, выкопанной на глубину до 1,5 м в теле плотины. Вода подается для промывки золота на разработках, расположенных ниже плотины.

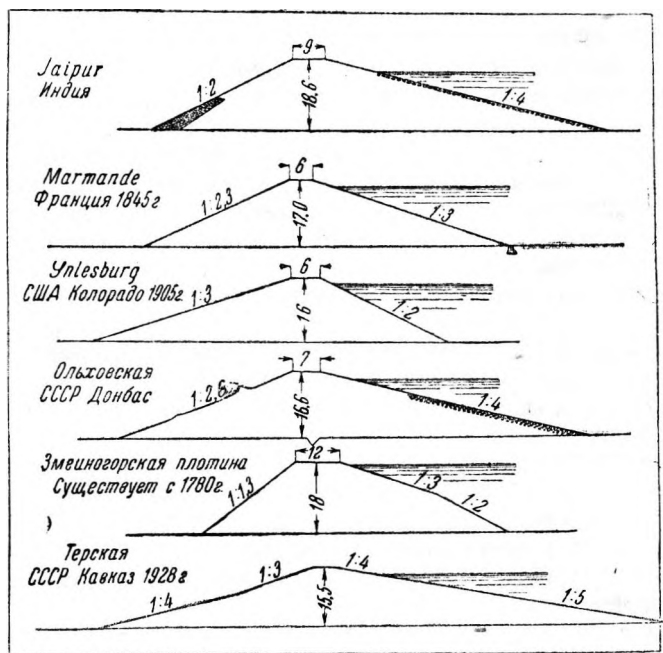


Рис. 59. Сопоставление профилей Змеиногорской и со временных плотин.

Особенно безобразными являются «новшества», примененные на водоспуске в последние годы хозяевами Змеиногорского рудника. К. Д. Фролов, как опытный гидротехник, хорошо учитывал еще в XVIII в., что основным условием для долговечности земляных плотин является обеспечение пропуска всей излишней воды и соответственно рассчитал водоспуск. Новые хозяева игнорировали данное условие. С целью создания большего запаса воды в водохранилище работники Запсибзолота подняли порог водоспуска на 1,2 м, оставив гребень плотины на прежней отметке и увеличив постоянно наличный напор и сохранив прежнюю ширину водоспуска 6 м. До такой перестройки большие паводки проходили при отметке 17,5 в водохранилище и при напоре на пороге водоспуска 2 м (17,5—15,5). После переделки условия прохождения паводков резко изменились. Напор на пороге даже при переливе через гребень плотины (18,0 — 16,7 = 1,3 м) стал недостаточным. Часть воды начала переливаться через гребень, а часть начала идти в обход водоспуска и под флютбетом,

так как новые шпунтовые ряды водоспуска были выполнены неудовлетворительно. Вместе с тем был размыв за водоспуском левый берег лога, состоящий из тощих суглинков, стоящих почни отвесно на 10—15 м.

Вода, хлынувшая в обход водоспуска, подмыла, у берега основание и образовала большую воронку, питающуюся из водохранилища. Наличие только слабого грунта в основании берега и небольшого перешейка здесь, при большом напоре (16—17 м), делает это место исключительно опасным. В конечном итоге в результате упомянутой нелепой переделки здесь стал возможным прорыв.

Повышение горизонта воды в водохранилище без соответствующего крепления берегов от разрушающего действия волн (направление господствующего ветра: вдоль по водохранилищу к плотине) обусловило то, что берег стало сильно размывать. Попытка борьбы с таким нежелательным явлением при помощи частичной отсыпки камня не дала и не могла дать положительных результатов. Слабый грунт легко вымывается через щели между камнями недостаточно плотной наброски.

Обобщая результаты нашего обследования Змеиногорской плотины, убеждаемся в том, что строитель ее сумел пройти далеко вперед по сравнению со своими современниками, применив в XVIII в. во многих случаях решения, соответствующие требованиям гидротехники XX в. и обеспечив существование своего сооружения уже на протяжении свыше полутора столетий:

1. Выдающийся личный опыт строителя обусловил правильный выбор места для данного ответственного сооружения в благоприятных геологических, гидрологических и топографических условиях.

2. Строитель сумел найти чрезвычайно разумное, правильное решение всего гидротехнического узла, соответствующее принятым в нашей современной практике:

а) вынос водоспуска за пределы земляной плотины и тем самым удаление от плотины наиболее опасного места в смысле возможности размыва;

б) вынос водозабора за пределы тела плотины, что также имело большое значение для долговечности сооружения;

в) правильное применение в данных условиях подачи воды к силовой установке не открытой деривацией, а по штольне.

3. Хорошо рассчитанный на пропуск паводков водоспуск, обеспечивший пропуск даже такого катастрофического паводка, как алтайский паводок 1793 г.

4. Сравнительно небольшие в данном месте размеры паводка, определяющиеся небольшой водосборной площадью, вследствие чего увеличение по сравнению с нормальными расходов при паводках даже в сотни раз выражается относительно малыми абсолютными количествами.

5. Отсутствие боковой фильтрации при незначительной фильтрации через самое тело плотины.

6. Смелое и правильное решение профиля плотины, выдерживающей сопоставление в этом смысле с позднейшими (вплоть до современных).

Дальнейшее изучение Змеиногорской плотины, как и всей установки К. Д. Фролова, по нашему мнению, откроет еще новые положительные стороны, представляющие определенный интерес для современных гидротехников. Но и сказанного достаточно, чтобы убедиться в чрезвычайно выдающихся успехах русской гидротехники в XVIII в. в том крае, где работали И. И. Ползунов, К. Д. Фролов и их сверстники. А вместе с тем, со всей остротой следует подчеркнуть полную теперь беспризорность рассмотренного сооружения. Абсолютное отсутствие технического надзора сделало возможными неумелые «новшества», в результате которых сооружение начало сильно разрушаться и даже поставлено под угрозу возможной катастрофы. Не время, а новейшие «старательские труды» горе-гидротехников угрожают погубить Змеиногорскую плотину. Избежать же тяжелых последствий пока еще и можно и должно, проведя сравнительно несложные мероприятия для сохранения Змеиногорской плотины и ее водохранилища, столь необходимых для местного хозяйства.

Тем самым будет сохранен и замечательный памятник русской гидротехники XVIII в.

§ 6. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СООРУЖЕНИЯ ТИПИЧНЫХ ЗАВОДСКИХ ПЛОТИН, ВЫРАБОТАННЫЕ В РОССИИ К НАЧАЛУ XIX в.

Земляные водоудержательные плотины с глиняным ядром и понуром получили наибольшее распространение на русских заводах XVIII в., где был выработан вполне оригинальный тип таких плотин, резко отличных от известных в западно-европейской практике того времени. Учитывая наличие многих пробелов в предшествующих описаниях отдельных плотин, представляется необходимым обобщить и изложить особо основные приемы, разработанные при сооружении таких типичных плотин к началу XIX в.¹

Как свидетельствуют приведенные материалы, длина таких плотин составляла обычно от 200 до 800 м, ширина по гребню чаще всего лежала в пределах 20—40 м и понизу 40—80 м при высоте плотины порядка 10—15 м, достигавшей в отдельных случаях величины порядка 18 м. В процессе эксплуатации плотины очень часто значительно усиливались.

Расход воды в используемых реках обычно составлял по данным Рожкова в межень от 2,8 до 11 м³/сек, при средней скорости течения порядка 1,0—2,5 м/сек. Реки с расходом во время межени порядка 7 м³/сек считались большими, а с расходом порядка

¹ Помимо архивных документов для такого обобщения использованы нами в числе прочих такие источники, как составленные в XIX в. описания уральских плотин; например: Нейберг, О постройке плотин и прорезов в Гороблагодатском округе, «Горный журнал», 1854, ч. I, кн. I, стр. 1—47, с 4 черт.; Рожков, О гидравлическом горнозаводском хозяйстве, с описанием устройств, в нем употребляемых, «Гарный журнал», 1856, стр. 1—215, с 8 черт.; В. Рожков, Сведения об уральских плотинах вообще, «Горный журнал», 1863, ч. I, стр. 1—24; Д. Неелов, Устройство плотин, т. III, 1884 и мн. др. В настоящем параграфе во избежание излишней перегрузки текста ссылки на источники даются только в весьма ограниченном числе мест.

11 м³/сек очень большими. Зимой (ноябрь—февраль) в связи с замерзанием источников, питавших заводские реки, расходы снижались на 20% и более по сравнению с расходами в межень¹. Площадь заводских прудов составляла обычно от 10 до 35 км², достигая в отдельных случаях до 65—70 км² (Кыштымский, Черноисточенский заводы).

Напор составлял для наиболее типичных плотин обычно величину порядка 8,5 м.

По подсчетам того же автора заводские гидросиловые установки развивали при разных расходах следующие мощности при указанном напоре:

Расход 2,8 м ³ /сек.....	160 л.с.
„ 4,2 „.....	240 „
„ 5,6 „.....	320 „
„ 7,0 „.....	400 „
„ 14,0 „.....	800 „

При повышении напора до 10 м и выше наиболее мощные установки развивали до 1 200 л. с. (Рожков).

Хранящаяся в библиотеке Свердловского музея книга «Мемориальная о заводском производстве», составленная Григорием Махотиным, содержит обстоятельное описание мероприятий, проводившихся в XVIII в. при выборе места для постройки и при сооружении плотины. Описание озаглавлено: «Записка с очевидного дела как надлежит под строение заводов места осматривать, и по осмотре с какою предосторожностью строение плотины назначивать»². Автор записки вполне правильно требовал тщательного изучения местности для выбора места под постройку плотины. Избранное место должно было иметь грунт не каменистый, а достаточно крепкий, но мягкий для того, чтобы можно было: забить сваи основания плотины, выкопать рвы для глиняных зубьев плотины и, в случае необходимости, провести осушительные каналы. Место для строительства должно было быть удобным для завода и лесопильной при нем мельницы: «а притом, чтоб то место было не низкое и не в яме, а особливо крепкое, только б не каменистое». По выбору места для плотины полагалось: «отвесить в верх по реке Атерпасом, сколько спрудной воды будет, когда накопится до порогу», т. е. устанавливали при помощи ватерпаса горизонт подпора. Затем устанавливали «что будет стоять в ларе воды» над горизонтом реки. Рекомендовалось особо тщательно изучить лежащие выше места назначенного под плотину «речки, падуны,

¹ «На Урале зима продолжается ровно полгода и почвы, питающие водою болота и все источники и потоки, не исключая иногда и русла главной реки, промерзают совершенно, вследствие чего приток воды останавливается иногда на довольно продолжительное время и заводы поставлены в необходимость пользоваться запасами воды, скопленными осенью в прудах» (В. Рожков). В результате такого положения, а также в силу малых расходов рек, питающих заводские водохранилища, многие заводы часто простаивали, иногда весьма продолжительное время.

² Текст «Записки» использован нами по публикации: История металлургии Урала, т. 1, 1939, стр. 247—249.

Д. К а ш и н ц е в ,

ключики и логи» и установить размеры будущего разлива. «Что дале залив,— сообщает автор,— то и плотине легче, а воды в пруде умножение».

Видимо, на основе предшествующей практики сделали важное наблюдение о возможности использовать рельеф для защиты плотины. А именно, Махотин рекомендовал выбирать такое место, чтобы примерно в полуверсте от плотины был: «перехват горою или высоким мысом», защищающий плотину от «ветренного штурма», а также задерживающий вешний лед.

На территории будущего разлива предписывалось промерить все места, где могло бы иметь место мелководье: «ежели мелко, то перевод воде, во время зимы, до земли вымерзать будет». Тщательно следовало изучить и низкие места, через которые вода могла бы как-то утрачиваться. Все такие места следовало: «пересыпать земляными валами, дабы вода напрасно из пруда уходить не могла». Также старательно следовало разыскать и укрепить расщелины в горах и другие места, где поднявшаяся вода могла бы уходить иод землю.

Только после самого тщательного обследования местности приступали к проектированию плотины. Руководил выполнением данной работы: «управитель по согласию со старшим плотинным (мастером — В. Д.) и со знающими прикащиками или помощниками и плотинными помощниками». Махотин рекомендовал решать вопрос о плотине — «не торопно» т. е. без излишней торопливости. Если река текла тихо и из лесов, Махотин рекомендовал принять напор — «сверх порога воды в ларе содержать — на семь аршин или с половиною» (5—5,3 м). На быстрых реках с гор рекомендовалось применять напор² в ларе не более 4,2 м.

Исходя из результатов обследования, решался вопрос о числе водоспусков, высоте заложения порогов и о других особенностях конструкции плотины.

Помимо сказанного «за первое и главное» условие для строительства принималось наличие поблизости: леса для постройки плотины и выжигания в последующем угля для завода, а также надежность и близость рудных месторождений. Железную руду, как и уголь, считалось целесообразным перевозить на расстояние не более 70—75 км, а медную «хотя и до 100 верст и далее, а чтоб ближе, то и лучше». Руды же, например, серебряные, как мы знаем из документов по алтайским заводам XVIII в., перевозили иногда и на сотни километров. В числе других условий в «Записке» указана желательность того, чтобы «заведение завода было не заграницами и в чужих местах, где хотя и чрезвычайная надежда

¹ Хотя рекомендовали действовать «не торопно», но успевали строить большие, по тому времени, плотины за один сезон. Например, плотину (320 м длиной) Верхнеисетского завода начали строить 1 июня 1725 г. и окончили в том же 1725 г. до зимнего пути. Верхнеуктусскую плотину начали строить 1 июня 1722 г. и окончили осенью. Обычно на постройку большой плотины затрачивали от 3 до 5 месяцев.

² Как известно, в действительности применялись обычно более значительные напоры.

в металлах будет, но в Российских и не само в пустых, но в жилых местах». При этом предусматривалась возможность использовать помимо «заводских крестьян и купленных людей» также и «охочих», т. е. вольнонаемных, а также — более легкое снабжение «мастеровых и работных людей провиантом и другими надобностями». Наконец, учитывалось наличие удобных сухопутных и водных путей для вывоза заводской продукции и т. д.

Таким образом уже в XVIII в. русские строители заводских плотин наметили целую систему условий, необходимых для правильного выбора места и размеров плотины, комплексно разрешая данный вопрос.

После выбора удобного места для постройки плотины приступали к разбивке ее в натуре. Вехами и кольями прокладывали линию оси плотины от одного до другого берега. Отметив ширину плотины, кольями же и вехами прокладывали линии, ограничивающие основание будущей плотины. Между вешками на пространстве, предназначенном под основание плотины, срезали дерн и выравнивали основание.

Затем следовало проведение мероприятий, которые должны были устранить возможность фильтрации под плотинной. На примере Воткинской плотины было показано ранее, что с этой целью иногда устраивали четыре глиняных зуба (глубина и ширина по 2,1 м). В некоторых случаях устраивали только два зуба, из которых один проходил по верховому обрезу подошвы плотины — верховой зуб. Второй зуб устраивали по линии порога прореза в плотине (по стекловому ряду) — коренной зуб. С этой целью выкапывали два рва глубиной около 0,7 м при ширине порядка 1—2 м. В каждый ров, на всем протяжении плотины, забивали шпунтовый ряд, примыкая его к обрезу рва со стороны верхнего бьефа. Затем плотно забивали ров чистой и сухой глиной. Шпунтовый ряд, проходивший по верховому обрезу подошвы плотины, назывался верховым, а ряд, расположенный по линии порога, — коренным. Фильтрующаяся вода встречала достаточно мощную преграду в виде шпунтового ряда и лежащей за ним глины. При каменистом материке копали ров на всю глубину слоя наноса, устраивая по линии верхнего обреза основания плотины один глиняный зуб (глубиной и шириной до 2—3 м); конечно, уже без шпунтового ряда. В некоторых случаях, и не на каменистых грунтах, закладывали в основании плотины только один мощный глиняный зуб, усиленный шпунтовым рядом («тыном»). По всей длине плотины выкапывали ров глубиной до 4,3—5,3 м при ширине от 10 до 17 ж. Накопившуюся во рву воду откачивали. По середине рва по всей его длине забивали «тын» из шпунтовых свай. Затем забивали все пространство рва (по обе стороны шпунта) чистой и вязкой глиной, тщательно утрамбовывая ее. Как свидетельствуют документы, благодаря данному способу «вся почва плотины» становилась «непроницаемой для воды», т. е. фильтрация под подошвой плотины устранялась.

После подготовки основания приступали к устройству прорезов и к кладке тела плотины.

Всю площадь, предназначенную под прорез, разбивали при помощи кольев, перенося с плана на местность все расположение отдельных частей прореза (рис. 60). За базу при разбивке принималась линия порога («коренного ряда»), или, что то же, линия «стеклового ряда» (т. е. ряда щитовых стоек между стенами отверстия водоспуска): на схеме — линия AB , проходящая около оси плотины и разделяющая прорез на дне, не всегда равные, части — верхнюю и нижнюю. Здесь в точках A и B должны были стоять боковые стойки водоспуска (коренные стойки); таким образом AB обозначала ширину водоспуска. На параллельной AB линии GK , совпадавшей с «верховым» шпунтовым рядом, откладывали отрезок CD , равный обычно $AB + \frac{1}{3}AB^1$ и обозначавший впускное отверстие водоспуска.

От коренных стоек A и B по линии AB (коренной ряд) откладывали в обе стороны отрезки AE и BF , составлявшие обычно от 8 до 10 м. Линии AE и BF давали длину открьлков, т. е. боковых частей головы водоспуска, особо тщательно защищавших от действия воды места сопряжения деревянных деталей с телом плотины. Через точки F и E проводили линии KFM и GEL , параллельные оси прореза. В результате разбивки намечали следующие части прореза:

AB — стекловый или коренной ряд;

CD — входное отверстие прореза (верховой ряд);

AE, BF — открьлки;

$ABDC$ — водяной двор;

$ABON$ — стекловый двор;

$CGHJ, DPQK$ — передние свинки (ряжи);

$AJHVTR, BPQWUS$ — мяготи (забивка чистой глиной);

$ARTVLN, BOMWUS$ — крепостные свинки.

После разметки прореза приступали к сооружению его (рис. 61). Для прореза, так же как и для шпунтовых рядов, обычно применяли лиственницу и сосну.

На всей площади, отведенной под прорез (рис. 60, $GKML$), выкапывали землю на глубину около 1 м и разравнивали получившуюся площадку. Затем сооружали основание прореза, проводя мероприятия, обеспечивающие от возможности фильтрации воды под прорезом.

Прежде всего забивали шпунтовые ряды (обычно три ряда): верховой или прудовой (KG , продолжение которого могло составлять верховой шпунтовый ряд плотины), коренной (FE , продолжение которого составляло коренной шпунтовый ряд всей плотины) и низовой (ML , продолжение которого могло составлять низовой шпунтовый ряд всей плотины).

Для шпунтов применяли либо сваи, либо ларевые доски. Для свай применяли лиственничные или сосновые бревна толщиной от 6 до 8 вершков (0,26—0,35 м); в обделке толстый конец 5—7 вершков (0,22—0,30 м) и тонкий от 3 до 4 вершков (0,13—0,17 м). Шпунт делали прямоугольный в 1,5 вершка (0,07 м) в ширину и глубину. Иногда на сваи надевали железные башмаки (при хрящеватом грунте).

¹ CD — величина переменная, определяемая шириной плотины.

Забивали сваи ручным копром; тщательнее всего забивали коренной ряд — «до отскока копровой бабы».

В некоторых случаях, как сказано, забивали шпунтовые ряды из досок, так называемых ларевых (толщина 0,13 м, ширина 0,21 — 0,23 м, длина от 6,4 до 10,6 м, смотря по глубине залегания материка). Шпунт делали прямоугольный (ширина 0,04 м, глубина 0,06 м). Шпунт выбирали на особых станках при помощи шпунтовника. На заостренные концы забиваемых досчатых okay иногда надевали железные башмаки, укрепляемые на свае шестью трехвершковыми гвоздями.

Забивали сваи при помощи направляющих рам (рис. 62); нижняя рама обхватывала сваю внизу, а верхняя на расстоянии примерно 2 м от нижней. Каждую сваю забивали отдельно при помощи ручного копра (вес бабы около 30—40 пуд.).

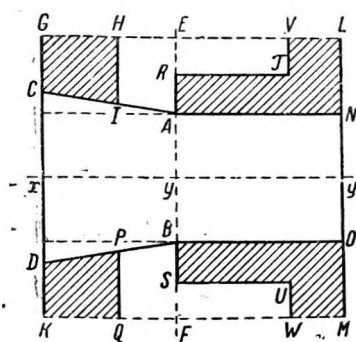


Рис. 60. Схема разбивки основания прореза.

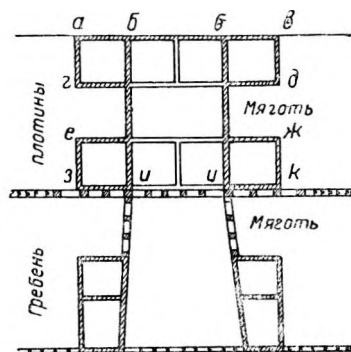


Рис. 61. Схема основания прореза.

По забивке всех трех шпунтовых рядов на верхних концах свай делали суживающиеся кверху гребни: до 0,10 м шириной и до 0,13 м высотой (рис. 63). На коренном ряду на каждые 2 м (3 аршина) помимо гребня оставляли на шпунте шип. Гребни и шипы были необходимы для последующего сопряжения: верхового шпунта с началом понурного моста, коренного — с мертвым брусом, соединяющим конец понурного моста со стеклом, и низового — с концом стекла и сливным мостом. Гребни всех трех шпунтовых рядов выводили на разную высоту соответственно намеченным уклонам мостов.

Под все деревянные части прореза забивали круглые сваи толщиной от 0,26 до 0,31 м на всем пространстве KGLM (рис. 60). В некоторых случаях сваи забивали рядами; под понурный мост и ряжи на расстоянии ряд от ряда на 1,8 м, а свая от сваи в ряду 1 м; под сливные мосты — ряд от ряда на 6 м, а свая от сваи в ряду на 1,8 м. Более целесообразной была забивка свай, в точности соответствующая расположению частей прореза. А именно, забивали сваи под каждый угол и под середину каждой стенки передней свинки (ряжа); когда шпунтовый ряд проходил под серединой передней свинки, забивали девять свай, а если ряд был впереди прореза —

13 свай. Под задние свинки (ряжи) забивали сваи под углы и под стенки (всего 17 свай). Под лежни стекла и понурного моста забивали сваи на всем протяжении лежней на расстоянии одна от другой 2 м. Сваи срезали на необходимой высоте и зарубали на всех концах свай шипы. Все пространство выемки под основанием прореза, (рис. 60, *KGLM*) забивали между сваями и шпунтами глиной.

На сваях рубили основные или мертвые свинки (ряжи), представлявшие основание сливного пола (площади *авдг* и *ежкз* на рис. 61) и вместе с тем поддерживавшие крепостные свинки (ряжи) Мертвые свинки рубили на 10—11 и более венцов (в XIX в рубили их в Гороблагодатском округе на 2—3—4 венца). Рубили мертвые свинки на шпунтах из бревен толщиной 0,26—0,31 м. Нижние

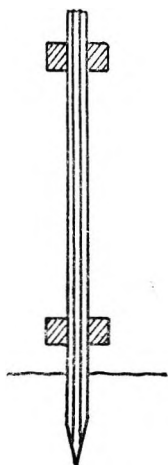


Рис. 62. Направляющие рамы при забивке свай.



Рис. 63. Гребень на сваях.

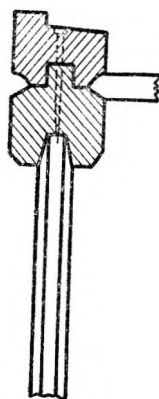


Рис. 64. Мертвый и подпорожный брус.

венцы мертвых свинок имели гнезда, которые клали на шипы круглых свай. Все углы мертвых свинок тщательно обтесывались с обеих сторон, чтобы обеспечить возможно более плотное прилегание глины. Иногда устраивали мертвые свинки вплоть до обреза нижового откоса плотины.

На шипах круглых свай клали поперек прореза лежни: под нижнее полотно двойных (из двух рядов досок) понурного и сливного мостов. Концы лежней врубали в стены передних и крепостных свинок, пропуская в свинки концы лежней примерно на 0,5 м. Лежни обтесывали сверху соответственно уклону полов.

На гребень коренного шпунтового ряда клали мертвый (порожный) брус, в нижней части которого соответственно гребню был сделан паз (глубиной около 0,13 м). Мертвый брус представлял собой порог плотины и был важнейшей отметкой.

При окончательной укладке мертвого бруса на гребень шпунтового ряда применяли прокладку из просмоленных кошмы или сермяжного сукна. Иногда клали на мертвый еще второй брус, называвшийся подпорожным (рис. 64). Нижние кромки мертвого бруса

обтесывали с целью улучшить прилегание глины. В пазы между мертвым и подпорожным брусом заделывали концы досок понурного моста и стеклового пола. В мертвом и подпорожном бруске высверливались на расстоянии около 1,4—1,5 м дыры, в которые забивали с одного приема ручной бабой железные шпильки, обернутые просмоленной кошмой. Обычно шпильки, пройдя оба бруса, заходили еще на 0,20—0,21 м в шпунтовый коренной ряд. Таким образом обеспечивалось достаточно надежное соединение деталей порога.

Мертвый и подпорожный брусья были обычно составными (по длине): каждый из трех брусьев, соединенных на смоленной кошме стычным шипом в проушину. Полагалось размещать стыки не на самом стекловом ряде, т. е. не в отверстии водоспуска, а в мяготи. Бревна в средней части мертвого бруса имели в толщину 0,62—0,67 м, а по краям 0,44—0,53 м.

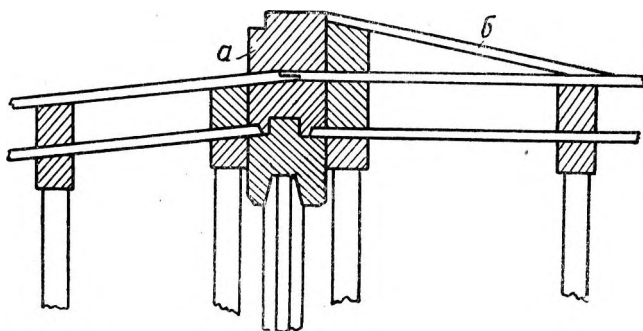


Рис. 65. Схема понурного моста и стеклового пола (*a* — порог; *b* — защитный сливной пол).

На гребень верхового шпунтового ряда, от которого начинался понурный мост, клали тем же способом, как и порожные, — безыменные брусья толщиной в 0,44—0,48 м.

Одновременно с этими работами производили рубку ряжей из бревен толщиной в 0,27—0,31 м, тщательно обтесывая все углы и те стороны, к которым должны были прилегать обшивочные стойки. Конструкция ряжей соответственно их назначению дана достаточно подробно при описаниях отдельных плотин (Златоустовская), так что нет необходимости на этом снова останавливаться.

Понурный мост и стекловый мост делали одинарными или двойными из трехвершковых досок (0,13 м), сплоченных в шпунт (глубиной 0,011 м и шириной 0,04 м) и уложенных комлями в сторону пруда (рис. 65). Нижние концы досок понурного моста упирались в безымянный брус (рис. 66), а верхние — в мертвый, от которого шли далее доски сливного пола (рис. 67). Настлали доски на лежнях, предварительно тщательно обтесанных соответственно уклону пола. По краям полов укрепляли на лежнях четвертины с двумя шпунтами: нижний шпунт — для досок пола, а верхний — для боковой обшивки прореза (рис. 68). Выстлать пол начинали одновременно от обеих четвертин, заканчивая посередине пола. Между досками закладывали в шпунт просмоленное сукно. Каждая

доска вплотную пригонялась к положенной прежде и скреплялась с ней железными скобами. Доски пришивались гвоздями к лежням (по 8—12 шести- или восьмивершковых гвоздей). Доски нижнего пола лежали непосредственно на глиняной набойке (пространство между обоими полами также забивали глиной).

Закончив нижние полы, укладывали на них обтесанные лежни и настилали вторые полы. В лежнях сливного пола делали поперечные надрезы для стока просочившейся воды. При настилении полов следили, чтобы стыки досок приходились только на лежнях и вместе с тем, чтобы стыки верхних полов не приходились над стыками нижних полов. Все эти мероприятия проводили с целью по возможности препятствовать фильтрации воды.

Над вторым сливным полом иногда делали еще третий пол (рис. 65, б) для защиты сливного пола от льда, проходившего через щиты и падавшего благодаря этому с некоторой высоты.

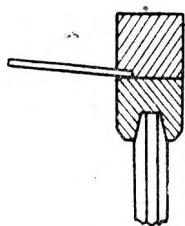


Рис. 66. Соединение по-пурного моста с безмян-ным брусом.

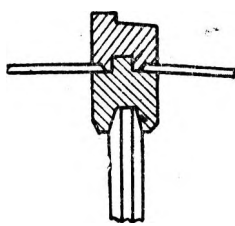


Рис. 67. Соединение по-пурного моста и стекло-вого пола с мертвым бру-сом.

Обработка боковых стенок и отверстия прореза достаточно под-робно рассмотрена при описаниях отдельных плотин, что дает воз-можность ограничиться только некоторыми замечаниями по данному вопросу.

Коренные стойки (рис. 60, А и В) делали из больших бревен (се-чение порядка 0,6 X 0,6 м), установленных комлями вверх, чтобы оставить не покрываемой водой более стойкую от загнивания часть стойки. Устанавливали коренные стойки на шипах (длиной около 0,17 м) в гнезда, вырубленные в подпорожном или мертвом брус. К косой выемке коренной стойки пришивали трехвершковые доски обшивки водяного и стеклового двора (рис. 69). В стыки перед прибивкой закладывали просмоленное сукно. Доски обшивок ста-вили на шпунтах.

По мертвому брус, проложенному в мяготь, устанавливали на шипах мяготные или крепостные стойки (рис. 70). Первая из мягот-ных стоек непосредственно примыкала к коренной и имела равное с ней сечение. Остальные мяготные стойки устанавливались на рас-стоянии около 2 м одна от другой (сечение около 0,5 X 0,5 м). В паз, образованный коренной и примыкающей к ней мяготной стой-кой, забивали на просмоленном сукне брус (рис. 70, адев), называв-шийся пасынком. Кроме того, соединяли обе стойки железными скобами. К мяготным стойкам прибивали со стороны пруда обшив-

ку из трехвершковых досок на шпунтах с прокладкой просмоленного сермяжного же сукна.

Мяготные стойки с обшивкой образовывали открылок, между которым и ряжами находилась глина (мяготь). Открылок играл весьма существенную роль в деле защиты от возможной фильтрации в местах сопряжений деревянных частей и глиняной набойки (мяготи).

Открылки выводили вверх только на высоту верхнего горизонта воды в пруду. Затем открылки засыпали землей, вследствие чего открылки не были видны с поверхности. Коренные же стойки выводили до гребня плотины, зарубая на верхних их концах шипы для установки красного бруса, о котором будет сказано далее.

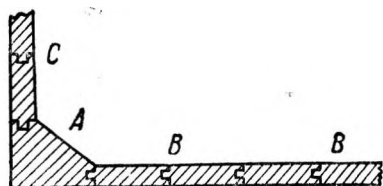


Рис. 68. Выстилка понурного и сливного полов. *A* — четвертина с двумя шпунтами; *B* — пол; *C* — боковая обшивка.

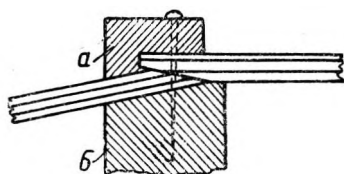


Рис. 69. Коренная стойка *b* с пасынком *a* и с обшивкой водяного и стеклянного дворов.

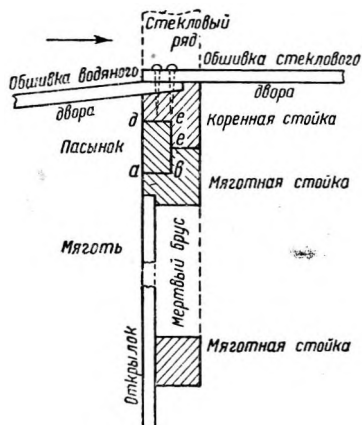


Рис. 70. Соединение с коренной стойкой обшивки и открылка.

По длине (и вдоль по обрезу) прореза устанавливали на шипах в каждом лежне понурного и стеклянного полов обшивочные или мяготные стойки (рис. 71,б). Эти стойки пришивали двенадцативершковыми шпильками к ряжам и затем обшивали (в размет по два гвоздя в стойку) трехвершковыми досками на шпунтах с прокладкой смоленого сукна, так же как это делали при обшивке открылков. Пространство между обшивкой и стенками ряжей тщательно забивали глиной (рис. 71,в). Для того чтобы глина не оттягивала обшивку, применяли прислонные (рис. 71, д) и распорные стойки (рис. 71,ж), между которыми устанавливали (распорки (рис. 71,е). Прислонные стойки устанавливали (вплотную к обшивке) на шипах в лежнях и пришивали гвоздями к обшивке. Распорные стойки были круглыми; их устанавливали на шипах в особые брусья, положенные вдоль по длине пола и врубленные в лежни (рис. 71,з). На верхних концах прислонных и распорных стоек зарубали шипы и на них клали поперек брусья в перевязь в два венца, вдоль всего водяного двора (рис. 71,з). Сверху настилали тес или доски для защиты от

замерзания воды в водяном дворе. Распорки делали из бревен (0,35—0,4 м) с острой верхней гранью, чтобы на них не мог задерживаться лед.

Между коренными стойками на подпорожном бруске (рис. 60, *AB*) устанавливали стеклянные или хрящевые стойки, к которым прислонялись щиты водоспуска (рис. 72). Хрящевые стойки в отличие от коренных устанавливали не на шипах, а непосредственно на просмоленной кошке на месте стыка понурного и сливного мостов. Удерживались на месте хрящевые стойки (рис. 72, *e*) благодаря тому, что их скрепляли болтами с установленными перед каждой из них на сливном полу водорезными или подможными стойками *б*. Подможные стойки служили как бы контрфорсами для всего стеклянного ряда и вместе с тем их использовали как опоры для проезжего моста, переброшенного через прорез.

Для установки подможных стоек клали против каждой из них на стеклянный пол брусья *a*, врубленные в поперечные лежни пола. Верхняя половая настилка примыкала на шпунтах к этим брусьям. Подможные стойки имели «сапоги» — шипы особой формы *в*, вставлявшиеся в гнезда продольных брусьев. Для того чтобы «сапог» можно было вставить в гнездо, последнее делали по длине равным толщине подможного бруса. Вставив шип в гнездо, забивали в остающуюся часть гнезда клин *з*. На верхних концах подможных брусьев зарубали обычные шипы, на которые накладывали брус, соединявший все подможные стойки, установленные на одном продольном бруске вдоль по оси прореза.

Подможные стойки несли большую нагрузку. Они принимали на себя давление воды на щиты по всему сечению прореза. Чтобы вода не вышибла подможные брусья, их укрепляли укосинами *д*. Верхние концы укосин на шипах укреплялись в передних подможных стойках на высоте около 2 м от пола. Нижние концы укосин входили в гнезда в продольном бруске и, кроме того, были пришиты гвоздем ко второй подможной стойке. Передовую из подможных стоек обычно укрепляли двумя укосинами. До предельного горизонта воды в прорезе обшивали подможные стойки с обеих сторон досками, прибиваемыми к каждой стойке двумя восьмивершковыми гвоздями в размет. Отверстие, образовавшееся между досками обшивки сверху, зашивали доской. Каждая

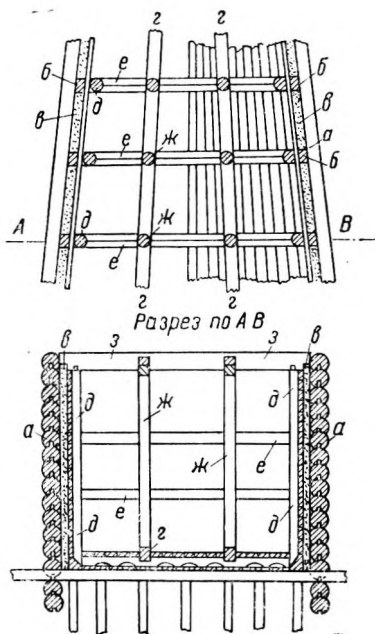


Рис. 71. Схема водяного двора. *a* — стенка рязя; *б* — мягкотные стойки; *в* — глина; *г* — лежачие брусья; *д* — прислонные стойки; *е* — распорки; *ж* — распорные стойки; *з* — поперечные брусья.

группа подможных стоек, установленных в одном продольном бруссе, образовывала середовой или водорезный устой (рис. 73). Водорезных устоев было столько, сколько и хрящевых (стендовых) стоек.

По бокам хрящевых стоек делали для удерживания щитов гребни (ширина 0,11 м, толщина 0,15 м). К коренным стойкам прибивали для удерживания щитов пасынки (рис. 69, а). Для удерживания нижней кромки щитов загоняли между стендовыми стойками (коренными и хрящевыми) брусья толщиной 0,25—0,35 м, образовывавшие порог, тщательно пришитый шпильями к полу на смоленной кошме. Порожные брусья укрепляли поперечным брусом, упирающимся концами в боковые обшивки прореза; середина порога удерживалась

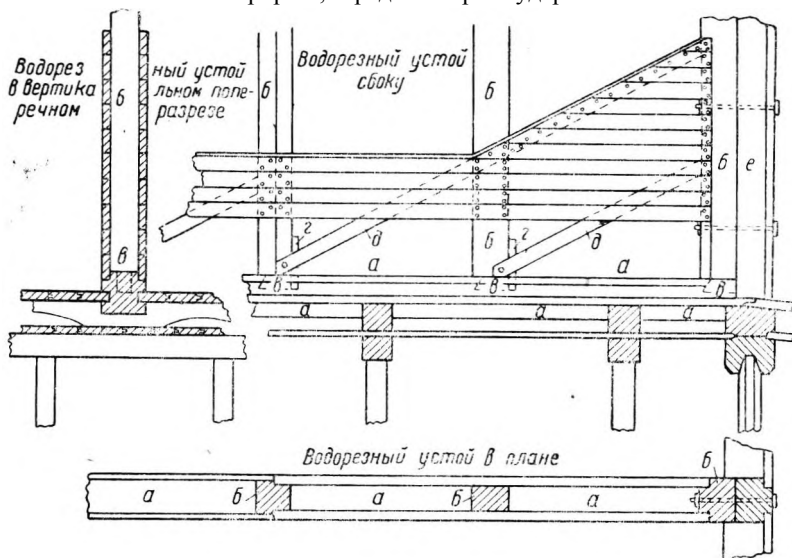


Рис. 72. Подложные или водорезные стойки с подносными брусьями.
 а — продольные брусья; б — подложная стойка; в — сапог; з — клин;
 д — подкосный брус; е — хрящевая или стекловая стойка.

продольными брусьями водорезного устоя. На шипах хрящевых и коренных стоек стеклового ряда устанавливали красный брус, составленный из четырех бревен, цельных по длине и окованных обручами полосового железа. Для защиты от загнивания красный брус был обшит по бокам тесом, а сверху его закрывала съемная крыша.

Щиты или ставни делали из трехвершковых досок в закрой или в шпунт, скрепляя доски шпонками или железными полосами. Щиты делали от 1 до 1,8 м шириной. Тяги—сковородники—для подъема щитов изготовляли из брусьев (0,21 X 0,21 м), окованных железными обручами и скобами. Сквозные гнезда в верхних концах сковородников, сделанные для подъема сковородников с щитами, имели в высоту около 0,21 м при ширине около 0,11 м. Сковородники прикрепляли к щитам железными болтами с гайками. Кроме сковородников к щитам приделывали крючья для вытаскивания канатом в случае поломки сковородника. Щиты устанавливали в два

ряда, один над другим. Нижний ряд называли мертвым. Щиты мертвого ряда имели по два сковородника, а щиты верхнего ряда — по одному.

Для защиты головы прореза от вешнего льда устраивали перед ним вешняный двор из круглых свай и обвязки, установленной на сваях (рис. 74).

Продолжение стеклового пола представлял сливной мост (быстроток), сооруженный для защиты дна и берегов и отвода воды за пределы заводских строений. Ширина сливного моста была равна ширине прореза. Падение сливного моста составляло обычно 1 дюйм на 1 саж. (0,025 м на 2,13 м). Сливные мосты имели в длину 100—125 м и более. По конструкции сливной мост представлял собой деревянный лоток, установленный на круглых сваях, забитых рядами на расстоянии ряд от ряда около 6,5 м и свая от сваи — 1,8 м (рис. 75). На шипы, зарубленные на сваях, клали поперечины; в их гнездах устанавливали продольные брусья, на которые сверху снова клали поперечины, скрепляя все железными скобами. Выровняв верхние поперечины по ватерпасу, приступали к сооружению лотка сливного моста. Сперва устанавливали боковые стойки шипами в гнезда верхних поперечин.

Укрепляли стойки укосинами и затем пришивали во внутренний угол стоек четвертины, от которых начинали класть доски в закрой или в шпунт. На верхних концах боковых стоек делали шипы для скрепляющих конструкцию верховых поперечин.

Такие сливные мосты требовали большой затраты леса и постоянного ремонта, так как они работали в условиях весьма переменного режима. Сваи, находившиеся обычно в воде, зимой обмерзали, затем выжимались из земли льдом, что вело к искривлению моста. Наконец, такие деревянные мосты, непосредственно проходившие через всю заводскую территорию, были очень опасны в смысле пожара.

Техника сооружения рабочих прорезов была такой же, как и при сооружении прорезов водоспусков.

Тело плотины возводилось различными способами. Иногда, как это имело место при постройке Екатеринбургской плотины, устраивали ряжи по всей длине плотины с обеих сторон (рис. 76). Такие ряжи входили в тело плотины на 6—10 м. Нижние венцы ряжей устанавливали на сваях, забитых на 2 м одна от другой. Скошенные наружные стенки ряжей рубили на шпунтах (рис. 77), прокладывая мох. В боковых стенках ряжей между бревнами оставляли промежутки, забиваемые глиной. Ряжи со стороны верхнего бьефа тщательно забивали глиной, а низовые ряжи обычно землей, взятой где-либо поблизости. В описанных ранее Каменской и Омской плоти-

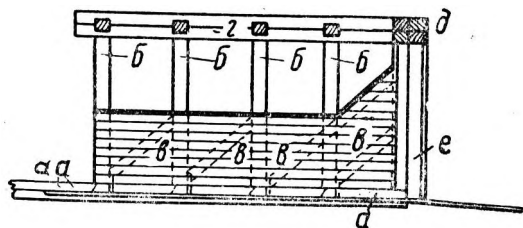


Рис. 73. Водорезный устой. а — продольный брус; б — подможные стойки; в — обшивки; г — мостовая обвязки; д — красный брус; е — хрящевая стойка.

тинах все тело плотины сплошь состояло из ряжей. Но наиболее опытные строители считали, что следует по возможности избегать применения ряжей и теле плотины, не говоря уже о сплошных ряжах через все тело плотины. Рожков приводит пример того, как одна из уральских плотин, построенная в виде сплошных ряжей по всей ее толщине, была разрушена за один год вследствие вымывания глины из ряжей. Вот почему строители плотин XVIII в. пришли в конечном итоге к мнению о целесообразности делать деревянные сооружения даже в прорезах не оплошными, а разделенными достаточно мощным слоем глиняной набивки (мяготи), чтобы вода не могла проходить вдоль по бревнам и их пазам на всем протяжении прореза.

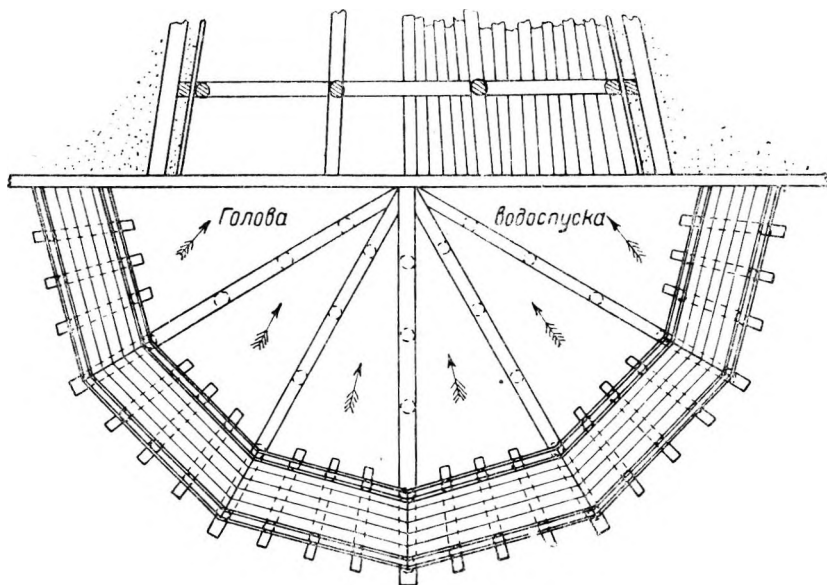


Рис. 74. Вешняный двор.

Одновременно с рубкой ряжей и забивкой их глиной производилась кладка тела плотины на всем ее протяжении, за исключением места течения реки, если не было сделано отвода. Концы плотины врезали в берега поймы на 8—10 м, тщательно укрепляя места сопряжения плотины с берегом. Как указывалось, очень часто умело использовали естественные отроги для примыкания к ним плотин. Землю и глину для строительства доставляли приписные крестьяне, работавшие и на кладке тела плотины.

Лучшими материалами для кладки земляного тела плотины считались суглинок и глина. Характеризуя материалы для кладки тела плотины, набивки полов, ряжей и т. д., применявшиеся при постройке уральских плотин, Нейберг в более позднее время писал: «Землю, содержащую в себе ил и вообще какие бы то ни было органические вещества, употреблять не должно: во-первых, потому, что эта земля может держаться только при очень большой отлогости, и во-вторых,

потому, что органические вещества, в ней содержащиеся, сгнивая, дают неравномерную осадку. Также не должно употреблять землю, в которой содержатся пни или обрубки деревьев, или их корни и ветви, ибо вода, вдоль по ним легко может просачиваться и сделать в плотине промоину, хотя первоначально незначительную, но могущую быть опасно впоследствии.

Мелкий песок также не годится для постройки плотины, потому что он может пропускать воду и держится только при большой отлогости. Лучшими землями для постройки плотин считаются глина и суглинок¹.

Приведенная характеристика свидетельствует, что в конечном итоге были выработаны требования к материалам земляного тела плотины, отвергавшие применение органических веществ, что практиковалось ранее (Воткинская и другие плотины). Утверждение же Нейберга о непригодности песка для сооружений тела плотин опровергается предшествующей практикой, как свидетельствует пример фильтрующей плотины из песка, сооруженной в 1806—1810 гг. на

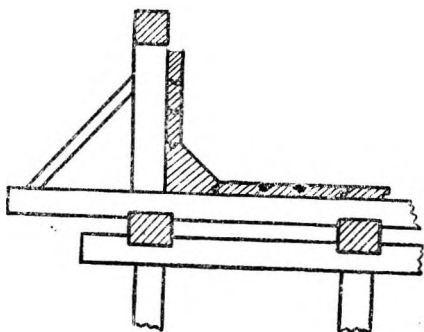


Рис. 75. Сливной мост.

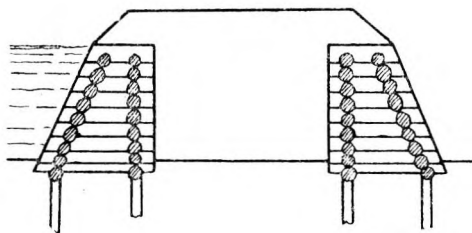


Рис. 76. Плотина с ряжами.

Сестрорецком заводе (рис. 78). По описанию К. Гаусмана устроенная здесь дамба была: «выведена из местного мелкого песка, без употребления шпунтовых свай, т. е. тело ее составляет только одна песчаная насыпь. Длина ее 80 саж. (170 м), ширина поверху 15 саж. (32 м) и высота 2,5 саж. (5,3 м); откосы передний и задний имеют в основании 1,5 высоты. Фильтрация здесь постоянно существует, но она не представляет ни малейшей опасности. Изредка обнаруживаются на поверхности насыпи небольшие ямы от осадки, которые по временам, т. е. при общем ремонте, вновь заполняются тем же местным песком, так что в течении последних 20-ти лет на ремонт этой дамбы положительно никаких расходов не требовалось»².

К началу XIX в. была выработана следующая техника кладки земляного тела плотины. Доставленную на место кладки глину раз-

¹ «Горный журнал», 1854, ч. I, кн. I, стр. 19.

² К. Гаусман, Исторический очерк гидротехнических сооружений Сестрорецкого оружейного завода с 1721 по 1840 г. «Инженерный журнал» № 2, 1861, стр. 123—124. Дамба была сооружена в связи с рассмотренным далее прорывом Сестрорецкой плотины, вызванным в 1807 г. неумелым хозяйничанием начальника завода — генерала Дибича.

брасывали равномерно по всей площади тела плотины. На каждую кв. сажень (4,5 м²) выделяли для трамбовки от 5 до 8 рабочих, укладывавших глину колотушками. По Нейбергу: «Колотушки состоят из деревянного черена, длиною в $\frac{3}{4}$ роста человека, и толстого деревянного наконечника, большую часть березового, или какого-нибудь тяжелого металлического тела, весящего от 6 до 10 фунтов, насаживаемого на конец черена. Иногда насаживают гранату, иногда же делают особые четырехугольные железные пластины в виде больших гаек и этими то пластинами трамбуют»¹.

Высота трамбуемого слоя составляла обычно не более 2 — 3 вершков (0,09—0,13 м). Боли глина была сухой или с большими комьями, ее взбрызгивали перед трамбовкой водой. По укладке и трамбовке трех-четырех слоев оббивали деревянными лопатами обрезы тела плотины до достаточной твердости; данное мероприятие обуславливалось тем, что горизонтальные слои при трамбовке раздавались в ширину и начинали обсыпаться по краям. Прибивание продолжали по мере возведения тела плотины. Через каждые два-три слоя проверяли кладку ватерпасом. Кроме того, устанавливали колья высотой не более 1 фута (0,3 м) для проверки горизонтальности слоя и усадки его после трамбовки. Через

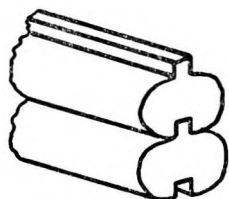


Рис. 77. Рубка ряжей на шпунт.

каждую сажень (по высоте тела плотины) обрезают особыми резаками откосы по шнуру. Отошедшая при этом глина использовалась для выше лежащих слоев глиняной кладки. Если имел место некоторый перерыв при кладке нового слоя, то распушивали последний верхний слой для лучшего соединения слоев. На самые высокие слои, не подверженные действию воды, использовали щебенку, гравий, песок.

Описания техники возведения тела плотины совпадают с техникой сооружения других земляных насыпей, выработанной в XVIII в. В этом смысле представляет интерес «Наставление» по кладке земляных валов сибирских крепостей второй половины XVIII в.² Характерно, что согласно данному «Наставлению» следовало держать на кладке земли всегда одних и тех же рабочих «дабы они к той работе приобыкли».

По возведении тела плотины закладывали мокрый (верховой) откос, обязательно из чистой глины. Начинали его чаще всего от половины высоты обреза плотины. Иногда на глиняный откос насыпали слой из шлака, гравия и т. д. по всей внешней поверхности откоса. По мнению некоторых авторов такой слой защищал тело откоса не только от действия воды, но и от промерзания. В некоторых случаях защищали откосы каменной одеждой. Иногда закладывали между швами кладки мох, который, разрастаясь, якобы скреплял камни. Нижние камни часто укладывали на сваях на ростверках. Весьма существенным мероприятием по защите откосов было дернование.

¹ «Горный журнал», 1854, ч. I, кн. I, стр. 27.

² Новосибирский исторический архив, фонд №1020, дело № 6, лл. 108—109.

Техники XVIII в. выработали различные приемы применения дерна. Наиболее простой была укладка травой вверх прямоугольников из дерна, вырезанного о возможно большим количеством земли для того, чтобы дерн лучше принялся. Иногда клали дерн зеленой стороной вниз; специалисты утверждали, что при этом дерн быстро покрывался травой и получалась очень прочная облицовка. В обоих случаях укрепляли пластины дерна деревянными шпильками. Помимо того применялись и другие приемы, из которых наибольший интерес представляют для современной практики приемы, выработанные для одернования крутостей земляных валов, выработанные строителями крепостей XVIII в. При сравнительно слабом дерне вырезали клинья с треугольным сечением. При крепком и мощном слое дерна вырезали клиновидные дернины. Наиболее совершенная техника дерновых работ была выработана сибирскими фортификаторами XVIII в. при постройке долговременных сооружений¹. Вполне вероятно, что данная техника была использована и строителями плотин. Но особенно важно то, что данная техника дерновых работ, полностью забытая, может быть широко использована теперь для одежды откосов земляных плотин, каналов и для других гидротехнических земляных сооружений. Поэтому следует на ней оста-

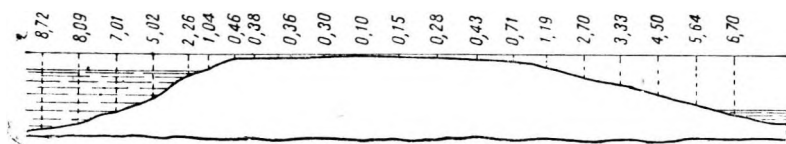


Рис. 78. Профиль дамбы, построенной на Сестрорецком заводе в 1807—1810 гг. (размеры в метрах).

новиться особо² (рис. 79). Работы выполнялись специалистами-дернорезчиками. Дернины площадью 0,45 X 0,23 м вырезали клиновидной формы (толщина узких концов дернины 0,075 и 0,025 м). Вырезанные дернины немедленно складывали в кучи для предохранения от пересыхания. Для предохранения от оползания насыпей устраивали у их подошвы дерновый фундамент: траншея (глубиной 0,3—0,45 м при ширине 0,45 м), в которую закладывали плоские дернины, укрепленные ивовыми кольшками. Вдоль по линии одеваемой дерном крутости натягивали шнур и начинали вдоль по длине насыпи: «класть дерном, травую к земле вниз, а толстый край дерну к шнуру». Каждую дернину прибивали тремя таловыми кольшками, заострив и забивая их толстыми концами. Выпускаемые зачастую тальником корни укрепляли при этом всю конструкцию. Непосредственно на нижний слой дернин клали второй слой. Затем присыпали концы дернин самой лучшей землей до образования горизонтальной поверхности для кладки следующего слоя. Землю и дерн опрыскивали водой и приколачивали колотушками. Затем заклады-

¹ Новосибирский исторический архив, фонд № 1020, дело № 6, лл. 112—113.

² См. В. Данилевский, О забытой технике дерновых работ, «Вестник Военно-инженерной академии РККА» № 25. Фортификационный сборник, 1939, стр. 150—154.

вали ивовые побеги толщиной «в толстое лебединое перо» и длиной до 0,5—0,53 м. Прутья клали вершинами внутрь и на расстоянии около 0,45 м один от другого. Прутья клали в дерн с тем, чтобы: «егда отрасли от них будут, оные в землю и в дерн войтить и там укорениться могли». При отсутствии свежих ивовых побегов (не старше прошлогодних) закладывали корни трав с развитой корневой системой. По выполнении двух ярусов дерновой одежды обрезали наружную поверхность крутости, чтобы на ней «никаких бугров и лощинок по дерну видно не было». Так постепенно возводили всю дерновую одежду. На углах применяли самые лучшие дернины, укрепляли каждую четырьмя колышками. Побеги от прутьев, появившиеся снаружи, тщательно срезали. При такой технике удавалось успешно дерновать крутости насыпей, имевших уклон более 80°.

Великолепная двухвековая сохранность валов некоторых из сибирских укреплений XVIII в., лишенных всякого ремонта с начала

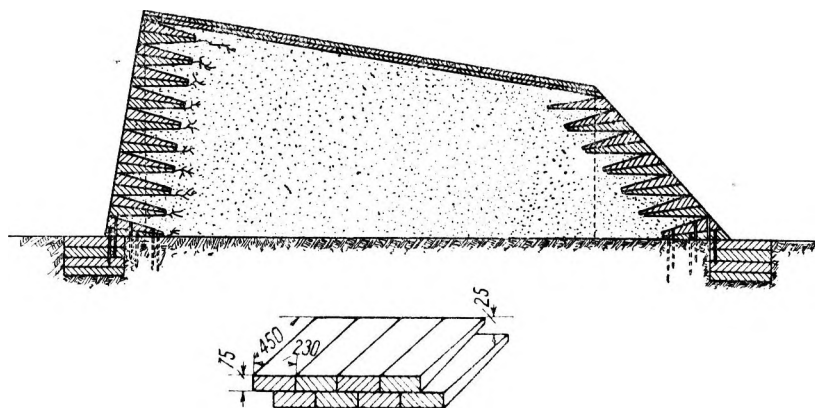


Рис. 79. Техника сооружения дерновых одежд по чертежу 60-х гг. XVIII в. (НИА).

XIX в., свидетельствует об исключительной долговечности данного способа. Вместе с тем она же свидетельствует о целесообразности практического использования данной техники в современном гидротехническом и других видах строительства.

Технические приемы, применявшиеся при закрытии реки, обычно сводились к тому, что по обеим сторонам течения устанавливали (с верхней стороны плотины) небольшие ряжи. Между ряжами укрепляли горизонтальные бревна, чтобы обеспечить вертикальное направление шпунтовым сваям, подвергающимся при забивке все усиливающемуся напору воды. Затем забивали шпунтовый ряд. Для разгрузки последних свай, подвергавшихся наибольшему напору воды, прикрывали их деревянным щитом. Затем возводили глиняную насыпь на всю высоту тела плотины.

Таковы наиболее типичные приемы техники сооружения русских заводских плотин, выработанные к концу XVIII в. Соответственно избранной конструкции плотины, техническим познаниям строите-

лей и многим другим условиям приемы, конечно, очень сильно видоизменялись. Приведенные ранее материалы свидетельствуют о применении весьма различных конструкций плотин, удачное выполнение каждой из которых определялось прежде всего личными качествами строителя, сумевшего во всех звеньях строительства применить наиболее целесообразные решения.

§ 7. О ПОВРЕЖДЕНИЯХ СТАРЫХ ЗАВОДСКИХ ПЛОТИН

История эксплуатации старых плотин дает очень много материалов, представляющих существенное значение для современной практики.

Помимо рассмотренных в гл. V материалов о разрушениях Барнаульской, Павловской, Петрозаводской плотин сохранились документы о разрушениях и некоторых других плотин¹. Наиболее часто такие разрушения обуславливались нарушением уже выработанных и широко известных приемов строительства, а также неумелой эксплуатацией и отсутствием должного внимания к поддержке и ремонту плотин. Так, например, на Алтае, где уже были удачно сооружены Колыванская и Барнаульская плотины, строители Шульбинской плотины, нарушив элементарные хорошо известные в то время требования, создали плотину, непригодную для эксплуатации. В рапорте, посланном 30 декабря 1748 г. из Канцелярии колывановоскресенского горного начальства в Кабинет, показано, как в результате невнимания к важнейшему вопросу об основании Шульбинская плотина оказалась непригодной для эксплуатации². А. Безр и А. Порошин, осмотрев Шульбинскую плотину в июле 1748 г., установили, что место для ее сооружения было выбрано крайне неудачно: «в почве место песчаное». Строители не только возвели плотину на непригодном основании, но и не позаботились даже заложить применявшиеся в то время глиняные зубья: «каналов вдоль плотины до плотного фундамента (т. е. до материка — В. Д.) не прорыто». В результате неудовлетворительной подготовки основания плотины фильтрация даже при наличии на ларевом пороге только 2,3 м напора (половина проектированного рабочего напора) достигла больших размеров; просачивалась вода в количестве, достаточном для привода в действие одного колеса: «сколько надобно к действию одних мехов на колесо». Усиленно шла фильтрация и через тело плотины. По показаниям приказчиков Демидова, строивших плотину, из-за дальности подвоза глины: «в плотину сыпана земля... пещаная». При осмотре плотины 24 ноября 1748 г. шихтмейстер Арефьев установил еще более плохое состояние плотины. При том же напоре (вдвое меньшем проектируемого рабочего) фильтрация начала принимать катастрофические размеры: «подле плотины водяные ключи из горы и ис-под всей плотины, которые прежде мало оказывались, весьма стали силиться». Амбары, расположенные ниже плотины на площадке, предназначенной под завод, стало заливать

¹ См., например, В. Г е н н и н, Описание уральских и сибирских заводов, 1735, изд. 1937 г., стр. 457 и др.

² Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., дело № 53, лл. 1—3.

водой. Дошло до обвалов стен амбаров, основания которых пришлось крепить навозом и фашинником. При таких условиях пришлось спешно сбросить всю воду из пруда. В дальнейшем отказались от постройки завода у данной плотины в силу того, что его угрожала разрушить одна фильтрация при накоплении необходимого запаса воды.

Рассмотренный выше пример удачно выполненной Сестрорецкой фильтрующей плотины свидетельствует, что при соблюдении должных условий фильтрация могла быть не страшна. Но именно такие условия не были предусмотрены незадачливыми строителями Шульбинской плотины, рискнувшими возвести на непригодном основании плотину из песчаной земли, придав ей профиль, принятый для обычных земляных плотин с глиняным ядром и понуром.

Сохранившиеся документы о регулярных осмотрах заводов свидетельствуют, что в XVIII в. очень тщательно следили за фильтрацией, немедленно предлагая принимать меры при наличии ключей фильтрации и особенно при появлении мути в фильтрационных водах. В таких случаях предписывалось без всякого промедления разыскать и устранить причины повреждения, которое обоснованно полагалось искать прежде всего со стороны верхнего бьефа. Воронки фильтрации обычно забивали навозом, мхом, сенной трухой, опилками, тщательно заделывались затем глиной и т. д. Также полагалось тщательно выслушивать стены и полы водоспуска с целью установить журчание воды и принять меры. Вымывание глиняной набойки из деревянных конструкций часто обуславливалось тем, что верхние слои глины промерзали, а оставшиеся внизу слои такой глины начинали размываться, отчего образовывались под слоем мерзлой глины пустоты. Установив наличие таких явлений, немедленно выбивали старую набойку, заменяя ее свежей глиной. Глубину вымоин старались промерять плотничными буравами и железными прутьями-шупами. Если промоины устанавливали под полами, то срывали доски и набивали под ними свежую глину.

Конечно, исключительно важным условием для сохранности плотины было постоянное наблюдение. Чрезвычайно существенным считалось также следить за усилением течи через шпунтовые стены, ряжи, в обход открылков, под сливными полами и т. д., а также за появлением осадков в земляных частях, за состоянием всех деревянных деталей плотины и за состоянием дна и берегов у обоих концов водоспуска.

Много хлопот зачастую причиняло гидротехникам промерзание земли, достигавшее, например, на Урале до 3,2 м. Особенно значительным было промерзание при недостаточном или позднем снеговом покрове. С целью борьбы с промерзанием глиняных откосов их засыпали, как указывалось, шлаком и гравием с песком¹.

¹ Возможно, что такие засыпки (одновременно с расширением гребня плотины на предмет производственного использования) повели к тому, что профили плотин все более усиливались и тем самым создавались избыточные запасы прочности. Последнее обстоятельство наблюдается при сопоставлении профилей плотин непосредственно после их постройки и в значительно более позднее время. Впрочем излишние запасы прочности обуславливались часто и несовершенством самой техники, отсутствием точных расчетов.

Весьма ощутимым было промерзание глины в деревянных конструкциях прорезов, о чем было оказано. Особенно усиливались неблагоприятные последствия такого промерзания при значительном снижении уровня воды в заводском пруду. В этой связи заслуживает внимания наблюдение, сделанное Рожковым в XIX в. «Нам случилось видеть вновь построенную плотину с одним нешироким прорезом. Зимой вода упала в пруду до того, что обнажила мертвый порог, который залегал очень глубоко (на 1 аршин выше обыкновенного горизонта реки). Ширина плотины в 6 сажень. Первая зима уже обнаружила свое вредное действие: обе верхние свинки (по обеим сторонам прореза лежащие) вместе с боковыми стойками наклонились на бок. Во вторую зиму промерзшая почва подняла понурный мост, потому что верхняя часть его (упирающаяся в мертвый порог) не была покрыта водою, и еще более наклонила свинки. Вероятно, что и сваи, на которых выведены были свинки, отчасти были подняты. Век такой Плотины очень короток: в два года ее совершенно промыло всю, начиная с самого основания»¹.

Для борьбы с просачивающейся в швы деревянных конструкций и замерзающей затем водой существенное значение имело наблюдение за плотностью всех швов; прокладки из просмоленных кошмы или сермяжного сукна много помогали делу. С примерзанием прудового льда к деревянным конструкциям боролись, видимо, только регулярным скалыванием. Кроме того, наиболее ответственное место — водяной двор водоспуска — часто, как указывалось, прикрывали для защиты от замерзания воды или, по крайней мере, с целью воспрепятствовать образованию толстого слоя льда.

Значительные трудности создавала необходимость борьбы с ледоходом. Обычно защищали голову водоспуска неоднократно упоминавшимся вешняным двором из отдельных круглых свай или из сплоченных по несколько штук свай². Известны также отдельные случаи устройства защитных сооружений по всему фронту плотины, как это было применено еще в XVII в. на Поротовском заводе. В отдельных случаях применяли разборку плотин на время ледохода. Такая разборная плотина существовала, например, до 1823 г. на р. Раковке Новосильского уезда Тульской губернии для обслуживания винокуренного завода. В 1823 г. здесь отказались от разборки плотины, защитив ее от ледохода по всей длине тремя рядами свай³. Автор упомянутого защитного сооружения (Мейер) сообщает, что в 1845 г., когда лед сделал пролом в первом ряду защитной линии, было принято решение закрыть водоспуск для подъема воды в пруду. Тем самым был приостановлен нажим льда, надвинувшегося в большей своей части на берега. Затем начали спускать воду, а лед обмелел у берегов. Но наряду с такой умелой регулировкой часто встречались обратные явления, как это имело место в Сестрорецке в 1807 г. Начальник завода генерал Дибич

¹ В. Р о ж к о в, О гидравлическом горнозаводском хозяйстве, «Горный журнал», 1856, стр. 151.

² Мероприятия по борьбе с ледоходом подробно описаны Нееловым, Ук. соч., т. III, стр. 395—402 и мн. др.

³ Неелов, Ук. соч., т. I, стр. 106.

приказал скопить возможно больше воды в пруду для обеспечения непрерывного действия завода летом. Когда воду подняли и затем открыли щиты, то оказалось, что водоспуск не успевает пропустить воду. По личному приказу Дибича для сброса переливающейся через плотину воды прорыли небольшой ров (ширина 2 м). Через два часа река сделала здесь прорыв, образовав проток шириной до 80 м. Затем последовали другие катастрофические разрушения¹.

Наряду с вешними паводками вызывали иногда даже большие разрушения летние паводки. В этом смысле весьма важные данные сообщает Рожков о катастрофическом паводке 26 июня 1862 г., от которого пострадали некоторые из старых уральских плотин². Паводок охватил б. Пермскую и Оренбургскую губерния. В результате паводка были разрушены или пострадали плотины следующих заводов: Кусинского (построен в 1789 г.), Саткинского (построен в 1758 г.), Юрезанского (построен в 1755—1762 гг.), Симского (построен в 1759 г.), Катав-Ивановского (построен в 1755—1757 гг.), Усть-Катавского (построен в 1758 г.). Но в то же время совсем не пострадали старые плотины многих десятков заводов, расположенные не только в непосредственной близости от упомянутых, но и на одних с ними реках. Судя по данным Рожкова, рассматриваемый паводок не имел равных себе в данном районе, по крайней мере на протяжении столетия. На некоторых из перечисленных заводов нижние (коренные) щиты водоспусков не открывались для пропуска паводков на протяжении более чем сотни лет; точнее говоря, на некоторых заводах не поднимали нижние щиты ни одного разу со времени установки их на места при постройке заводов. Таким образом рассматриваемый паводок следует оценивать как действительно «максимум максимуму».

Обобщая обширные материалы, сообщенные Рожковым, можно установить некоторые из важнейших обстоятельств, обусловивших разрушения одних и сохранность других плотин. Очень резко сказались топографические условия. Симский завод, расположенный на р. Сим, очень сильно пострадал, в то время как расположенный в 20 км ниже по течению той же р. Сим Миньярский завод (построен в 1784 г.) не потерпел разрушений.

Река Сим берет свое начало примерно в 50 км выше Симского завода, расход возле которого составляет около 14,4 м³/сек (замер, произведенный 16 сентября 1862 г.). Симская заводская плотина, сооруженная по ломаной линии, имела более 1 км в длину. В плотине был один водоспуск и три рабочих прореза. Полная ширина водоспусков составляла около 15 м (наибольший из трех рабочих прорезов 1,5 м). Мертвый порог был заложен на 3,7 м над уровнем реки. Слой рабочей воды 5 м; общая высота подпора у плотины

¹ «Инженерный журнал» № 2, 1861, стр. 122—123.

² В. Рожков, Сведения об уральских плотинах вообще и в особенности о мерах к предохранению их от разрушения вовремя разлива вод, «Горный журнал», 1863, ч. I, стр. 1—23; В. Рожков, О разрушениях, произведенных водополью прошедшего лета на некоторых уральских частных заводах, «Горный журнал», 1863, ч. I, стр. 223—234.

8,7 м. Заводский пруд, ограниченный горами, был очень мал по вместимости; возможность разлива выше плотины была, по существу, исключена. Падение же р. Сим выше плотины было значительным. Таким образом здесь не были соблюдены те условия, на которых, как указывалось, всегда настаивали наиболее опытные из гидротехников XVIII в.

После сильного дождя в ночь с 24 на 25 июня 1862 г., перешедшего в ливень (продолжался сутки), в 8 час. вечера начала при бывать вода. Операции по подъему верхних и нижних (коренных) щитов, начатые в это время, закончили только к 12¹/₂ час. 26 июня. После того как открыли все щиты и этого оказалось недостаточно, пустили воду через все три рабочих прореза на все двадцать заводских водяных колес; у ларей сняли верхние доски, чтобы вода могла переливаться из ларей на землю. Все мероприятия не помогли. К 7 час. вечера 26 июня вода поднялась до красного бруса (т. е. до гребня плотины) и начала переливаться через плотину у здания лесопильной мельницы. То, что здание мельницы было примкнуто к телу плотины, обусловило резкое ухудшение; здесь начала быстро образовываться промоина. К 5 час. утра лесопилку снесло до основания, и промоина достигла до тальвега реки. Вода прорвала плотину еще в одном месте и к 9 час. утра 27 июня начала спадать.

Мощный паводок, несомненно, еще больше угрожал расположенному ниже по течению Миньярскому заводу. Расход р. Сим, усиленный ниже Симского завода четырьмя притоками, нормально вдвое больше у Миньярского завода, чем у Симского. Таким образом плотине Миньярского завода угрожал фактически и вдвое больший по расходу наводок, чем у Симского. Но благоприятные топографические условия поставили Миньярский завод в несравненно более выигранные условия. Река Сим ниже Симского завода имеет на протяжении 11 км долину шириной свыше 3 км и с небольшим падением. Вода из Симского пруда разлилась по большой площади, ранее чем начать поступать далее — в ограниченную скалами (на протяжении 9 км) остальную часть р. Сим перед Миньярским заводом. Наличие естественного регулятора обусловило то, что паводок, пронесшийся за 30 час. через Симскую плотину, проходил 72 часа через Миньярскую. Кроме того, на последней своевременно открыли щиты водоспуска, вдвое более широкого (30 м), чем на Симской плотине. В результате Миньярский завод и его плотина избежали разрушений.

Примерно также обстояло дело на непострадавшем Златоустовском заводе по сравнению с расположенным вблизи от него разрушенным Саткинским. Долина р. Ай, выше Златоустовской плотины, весьма широка на протяжении 7 км. На Саткинском же заводе имели место обратные условия. Кроме того, водоспуск на Златоустовской плотине был в полтора раза шире, чем на Саткинской. На Златоустовской плотине успели открыть все щиты, а на Саткинской только половину. Однако у первой плотины в момент паводка был полный пруд воды, а у Саткинской плотины стоила вода на пороге только на 0,3 м. Положение на Саткинской плотине

ухудшилось тем, что в момент паводка здесь производился ремонт рабочего прореза, прикрытого перемычкой.

Благодаря топографическим особенностям р. Ай паводок на Златоустовском заводе протекал значительно спокойнее, чем на Саткинском. На последнем за 15 час. прибыло воды на 6,5 м. Перемычка у рабочего прореза была подмыта и опрокинута. Вода, стремительно хлынувшая в рабочий прорез, вскоре образовала здесь промоину в теле плотины на 50 м шириной. Вслед за этим была залита вся заводская площадка и прилегающие к ней улицы, жилые дома. Погибло 17 человек. Работы по перестройке прореза, конечно, создали слабый участок. Однако по данным наблюдений, если бы не произошло катастрофы с прорывом прореза, вода на Саткинском заводе все равно пошла бы через плотину. Но при этом, возможно, вода стекала бы более равномерно, с менее губительными последствиями.

Приведенные примеры свидетельствуют, что одновременно с благоприятными топографическими условиями, игравшими в данном случае основную роль, весьма существенным преимуществом были более значительные размеры водоспусков. В этом отношении особенно яркий пример пагубных последствий непомерно малой ширины водоспуска дает Кусинский завод, где водоспуск имел всего до 8 м (старый водоспуск был здесь перестроен в 1836 г.; перестройку провели очень плохо — вода просачивалась через главный шпунтовый ряд и через мертвую свинку под полом водоспуска). Понятно, что даже при открытых щитах водоспуск смог пропускать только $\frac{1}{3}$ паводка 26 июня, давшего расход, в 200 раз превышающий межennie расходы р. Кусы. Если бы водоспуск был хотя бы только вдвое шире, он, видимо, смог бы принять весь паводок. При существовавшем же положении вода переливалась на протяжении 5 час. через плотину слоем, достигавшим в ширину около 250 м при средней толщине до 1 м. В результате были снесены ниже плотины лесопильная и мукомольная мельницы, затем размыт и снесен водоспуск, на месте которого образовалась в теле плотины промоина шириной до 50 м, куда и устремилась вода.

Материалы о последствиях паводка 26 июня 1862 г. свидетельствуют и о многих других факторах, способствующих разрушению старых плотин. На Юрезанском заводе размыло и полностью снесло два водоспуска, так как при них при перестройке их в XIX в. не были устроены ни верхний, ни нижний шпунтовый ряды. Значительно ухудшило на Усть-Катавском заводе положение то, что одна половина водоспуска оказалась забитой приплывшим лесом, хворостом, остатками зданий.

Описания паводка 1862 г. указывают, что разрушения старых плотин начинались не с мокрого, а с сухого откоса. Чаще всего вода срывала сшивной мост, затем промывала нижний ряд свай и другие нижние сооружения водоспуска, опрокидывая деревянные сооружения по линии мертвого порога. Характерно, что в тех случаях, когда сливные мосты были укреплены бортами в берега и были скреплены с ними деревом или камнем, сливные мосты уцелели. Также следует указать, что весьма уязвимой частью плотины были неудовлетвори-

тельные каменные одежды на откосах плотин. На Катав-Ивановском заводе вода, переливаясь через плотину, отмыла и обрушила каменную одежду сухого откоса, имевшую до 1,4 м в толщину (одежда с прокладкой мха была возведена почти отвесно из каменных плит, не скрепленных между собой). После обрушения каменной кладки вода здесь промыла тело плотины, образовав промоину шириной до 90 м. На Усть-Катавском заводе по свидетельству описаний паводка разрушению земляного тела плотины: «много способствовала каменная одежда на обоих откосах». По мнению современников более благоприятными были дерновые одежды откосов.

Вполне понятно, что особенно уязвимыми были все те места, где к телу плотины оказывались прикнутыми здания лесопильных и мукомольных мельниц, что часто практиковалось в то время. При переливе через гребень плотины разрушающее действие воды было особенно интенсивным при наличии таких препятствий. Об этом свидетельствуют описания разрушений Юрезанской, Усть-Катавской, Симской и некоторых других плотин. Неправильная переделка плотин (неуместный подъем порогов, уменьшение числа и размеров водоспусков) также вызывала крайне неблагоприятные последствия. В равной мере ухудшала положение большая затрата времени на открывание щитов, осуществляемое весьма примитивно (работало обычно до 100 и более рабочих на протяжении 3—5 и больше часов). Положение резко ухудшалось там, где плотины поддерживались плохо (Усть-Катавский завод) и где не было энергичных и компетентных начальников. Не могло, конечно, не сказываться очень неблагоприятно и отсутствие гидрологических наблюдений, в результате чего паводки, особенно летние, захватывали врасплох.

Обобщение имеющихся в нашем распоряжении материалов о повреждениях и разрушениях старых плотин дает следующий примерный перечень некоторых факторов, отрицательно влиявших на сохранность плотин, и, что особенно важно, факторов, имевших место преимущественно в XIX в.

I. Нарушение при постройке приемов, выработанных на основе предшествующего опыта и получивших достаточно широкую известность в XVIII в.:

- 1) постройка плотин яри неблагоприятных топографических условиях (Симский, Саткинский заводы);
- 2) постройка плотин на явно непригодных грунтах (Шульбинский завод);
- 3) игнорирование необходимости закладки под телом плотины зубьев для борьбы с фильтрацией (Шульбинский завод);
- 4) неудовлетворительное выполнение водоспусков (Кусинский завод);
- 5) устройство слишком малых водоспусков, не способных пропустить большой паводок и вместе с тем легко забивающихся плывущим мусором и пр. (Барнаульский, Кусинский, Усть-Катавский заводы);
- 6) отсутствие шпунтовых рядов в прорезах (Юрезанский завод);
- 7) неудовлетворительное выполнение сливных мостов (Кусинский завод);

8) неудовлетворительное выполнение каменных одежд (Катав-Ивановский, Усть-Катавский заводы);

9) примыкание к телу плотины лесопильных, мукомольных и заводских построек (Симский и другие заводы).

II. Неумелая переделка плотин и их частей, особенно водоспусков (Александровский, Кусинский заводы).

III. Небрежное содержание плотины и отсутствие своевременного устранения появившейся фильтрации (Саткинский, Усть-Катавский и другие заводы).

IV. Недостаточность защиты во время ремонта перестраиваемых частей (Саткинский завод).

V. Крайняя примитивность техники подъема щитов, обуславливавшая длительность работ по открыванию водоспуска (Саткинский, Симский заводы).

VI. Отсутствие гидрологических наблюдений.

VII. Некомпетентность заводских начальников.

Исходя из данных о паводке 26 июня 1862 г., было выдвинуто предложение о новых нормах для определения ширины водоспусков. Ранее принимали на 1 куб. аршин ($0,36 \text{ м}^3$) нормального расхода $1-1\frac{1}{2}$ погонных аршина ($0,7-1,0 \text{ м}$) по ширине водоспуска. Теперь же предлагалось давать на тот же расход не менее $1\frac{3}{4}-2\frac{1}{2}$ погонных аршин ($1,2-1,7 \text{ м}$) по ширине водоспуска¹. Также было высказано в 1863 г. предположение о нецелесообразности устраивать заводские плотины (при технике того времени) на реках с расходами в межень более $14 \text{ м}^3/\text{сек}$. Последнее предложение шло по линии наименьшего сопротивления². Тогда же было сделано предложение устраивать особые щиты в подающих воду лавревых трубах для сброса части воды через рабочие прорезы.

Рассмотренные материалы о повреждениях старых плотин не только не дискредитируют технику плотиностроения XVIII в., а, наоборот, раскрывают ее достоинства. Ведь в самом деле, от наводка 1862 г. пострадало только ничтожное количество плотин, по сравнению с существовавшими в то время на Урале. И, наконец, самое главное, там, где были тщательно соблюдены условия, выработанные гидротехниками XVIII в., там и сооружения уцелели. На Саткинском заводе, как указывалось, плотину прорвало, но наиболее подверженная разрушениям часть — водоспуск — не пострадал. А построен он был здесь более чем за сотню лет до паводка 1862 г. «Если в этот период времени,— писал Рожков в 1863 г.,— он исправлялся несколько раз, то эти исправления ограничивались перемению наружных деревянных частей, наиболее подверженных порче; нижние же части, служащие основанием, остаются до сих пор без повреждения, в чем я мог убедиться, ибо вешая этот в бытность мою на заводе перестраивался и фундаментальные укре-

¹ «Горный журнал» № 1, 1863, стр. 15.

² Принимая расход на р. Юрезань у Юрезанского завода равным в межень $20 \text{ м}^3/\text{сек}$, В. Рожков считал: «Для безопасности сего завода ничего не остается делать, как перенести его на другую реку менее сильную». Это в то время, когда -на Урале уже существовали водосливные плотины, когда известны были разборные конструкции плотин и т. д.

пления его были обнажены»¹. Также успешно боролся с паводком 1862 г. и Катав-Ивановский водоспуск, правильно и тщательно построенный еще при основании завода в XVIII в.².

§ 8. ОБЩИЕ ИТОГИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ПОСТРОЙКИ ПЛОТИН В РОССИИ XVIII в.

Русские гидротехники XVIII в. сумели достигнуть больших успехов в деле сооружения плотин, создав разнообразные конструкции, выработав очень много весьма разумных приемов по выполнению отдельных деталей и широко используя исключительно местные строительные материалы.

Для наиболее опытных русских строителей плотин XVIII в. характерны следующие особенности при проведении гидротехнических работ:

I. Тщательное исследование предстоящих условий работы проектируемой гидросиловой установки и разумный выбор наиболее благоприятного в имеющихся топографических условиях решения гидротехнического узла:

1) плотинные схемы с все усиливающейся тенденцией по возможности удалить заводскую площадку от водоспуска;

2) деривационные схемы с подачей воды по открытым каналам или по штольням.

II. Тщательный выбор конструкции плотины, наиболее соответствующий избранной конкретной схеме гидротехнического узла.

1. Водоудержательные земляные плотины с глиняным ядром и понуром для плотинных и деривационных установок:

а) плотины с водоспуском, закрываемым щитами;

б) плотины с открытым водосливом.

2. Водоподъемные плотины, предназначенные для деривационных установок и выдерживающие перелив воды через гребень:

а) сланевые пороги;

б) сланевые плотины;

в) земляные плотины облепленного типа (флотверы).

3. Водоудержательные фильтрующие дамбы.

III. Выбор наиболее благоприятных конструкций из числа многих вариантов, известных для избранного типа плотины.

IV. Смелые решения профиля с весьма ограниченным запасом прочности в отдельных случаях (Змеиногорская плотина) при наличии в большинстве случаев сравнительно больших запасов прочности, усиливаемых последующими отсыпками.

V. Вынос водослива и водозабора за пределы земляного тела плотины.

VI. Правильный выбор размеров сечения водоспусков и водосливов, основанный на опытных данных.

VII. Тщательная подготовка основания плотины путем закладки одного или нескольких глиняных зубьев и забивки нескольких

¹ «Горный журнал» № 1, 1863, стр. 16.

² Приведенные факты можно противопоставить тому, что на Юрезанском заводе в течение 3 час. полностью были снесены два водоспуска. Построены они были в 1840 г. на плотине, существовавшей с XVIII в.

шпунтовых рядов вдоль по всей длине тела плотины с целью борьбы с фильтрацией.

VIII. Отказ от деревянных конструкций, проходящих через все поперечное сечение плотины, и введение по профилю плотины глиняных набоек, разделяющих деревянные части и устраняющих возможность просачивания воды вдоль по бревнам через все поперечное сечение теша плотины.

IX. Широкое применение для борьбы с фильтрацией и промерзанием в деревянных частях — шпунтов, глиняных набоек, прокладок из просмоленных сукна и кошмы и т. д.

X. Тщательное выполнение прорезов для водоспусков, водосливов и водозабора, особенно с целью максимальной эффективности борьбы с фильтрацией в данных, наиболее ответственных местах плотины.

1. Создание основной водонепроницаемой преграды прореза — глубоко забитый коренной шпунтовый ряд с мертвым брусом и заложными по обе стороны прореза открылками.

2. Тщательное укрепление упомянутой основной преграды коренными стойками и ряжами (крепостные свинки — контрфорсы), образующими вместе с шпунтовым рядом, мертвым и красным брусьями с их коренными стойками достаточно прочную конструкцию.

3. Тщательная забивка глиной на достаточную глубину всех пространств между шпунтовыми рядами по всей площади прореза и тщательное выполнение ряжей (мертвых свинок) под полом прореза.

4. Тщательное укрепление плоскости водоспуска (хрящевые стойки и щиты) при помощи рядов водорезных устоев.

5. Надежная конструкция верхних ряжей (верхних свинок), хорошо защищающих тело плотины и голову прореза.

6. Введение между ряжами в прорезе мяготей — глиняной набойки, препятствующей прониканию воды вдоль по бревнам ряжей по всей длине прореза.

7. Чрезвычайно тщательное выполнение глиняной набойки, как мяготей, так и во всех других местах.

8. Тщательная затолчка сухой вязкой глиной пространств между облицовочными досками прорезов и стенками ряжей вдоль по длине прореза.

9. Чрезвычайно тщательное выполнение понурного моста и сливных полов, доски которых, как и в других случаях при постройке прореза, спланивались на шпунтах с прокладкой просмоленных кошмы или суша.

10. Устройство не только одинарных, но и двойных полов с тщательной забивкой всех пространств между полами глиной.

11. Выстилание полов и обшивок с соблюдением! того, чтобы стыки концов досок приходились только на положенных им местах на брусках и чтобы швы верхних рядов досок не приходились непосредственно над швами нижних рядов, что также делалось с целью борьбы с фильтрацией.

12. Забивка гвоздей в доски и бревна по определенной системе, также с целью препятствовать возможной фильтрации.

13. Достаточно надежное внутреннее крепление сечения прореза при помощи распорных стоек и т. д.

14. Устройство водяных дворов в голове водоспусков, обеспечивавшее:

а) защиту щитов и всего стеклового ряда от действия волн;

б) возможность отопления водяного двора, покрывая зимой водяной двор тесом, а по тесу соломой, хвоей и т. д.;

в) возможность в случае необходимости ремонта перекрыть входное отверстие водяного двора временным забором из досок, что представляло сравнительно быстро выполняемую операцию, не требующую больших издержек.

15. Устройство сливных мостов, тщательно укрепленных в прилегающих к ним берегах.

XI. Устранение возможности скольжения ряжей путем посадки нижних венцов ряжей на шипы круглых свай.

XII. Тщательный выбор материалов для кладки тела плотины и тщательное выполнение самой земляной кладки с соблюдением требований, выработанных на основе длительного опыта.

XIII. Тщательное выполнение отсыпей у тела плотины, памятуя их исключительное значение.

XIV. Тщательная обработка поверхностей откосов плотины при помощи засыпки их мокрых частей смесью шлака (гравия) с песком, при помощи устройства каменных одежд и при помощи рациональной дерновой одежды обоих откосов.

XV. Выбор для деревянных конструкций наиболее долговечных материалов (лиственница, сосна), выдерживающих, находясь в земле, столетия, как свидетельствуют опытные данные.

XVI. Чрезвычайная тщательность выполнения всех видов земляных (в частности набойки ряжей) и плотничьих работ.

Исключительная тщательность выполнения всех видов работ, вплоть до самых мелких деталей, сочеталась у лучших русских гидротехников XVIII в. с последующей хорошо поставленной эксплуатацией плотин, которая, как свидетельствуют документы, была в XVIII в. лучше организована, чем в XIX в.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ВОДЯНЫЕ КОЛЕСА В РОССИИ XVIII в.

В подавляющем большинстве русских гидросиловых установок XVIII в. применялись водяные колеса нижнего боя. Это были наименее эффективные водяные двигатели, применявшиеся еще во времена античности и встречающиеся на сельских мельницах до наших дней. Наиболее примитивно были устроены водяные колеса пловучих мельниц. Как пример таких установок можно привести украинские пловучие мельницы (водяки), упоминающиеся в документах еще XVII в., но, вероятно, получившие распространение на Украине много раньше указанного срока. Видимо, без заметных изменений сохранялась конструкция таких водяков на протяжении столетий. Еще недавно производились для продажи в селе Сваромье на Черниговщине водяки, видимо, очень близкие по технике выпол-

нения к XVII в. Водяк состоял из двух байдаков (барок), между которыми был расположен вал с пловучим колесом, напоминавшим по конструкции гребные колеса пароходов. В вал вдельвали шесть пар спиц с лопастями, не имевшими никаких скреплений по окружности.

Весьма значительное распространение получили с давних времен в остальных частях России так называемые мутовчатые мельницы с горизонтальными колесами, на изогнутые лопатки которых направлялась струя воды из желоба (рис. 80, см. также гл. II). Колеса



Рис. 80. Мутовчатая мельница XVIII в.
(по Георги).

преимуществами именно таких колес хорошо знали русские техники XVIII в., как о том свидетельствуют слова Ганнина о заводских колесах в России. «Нижнебойные не употребляютца для береженья воды».

Наибольшее количество водяных колес на русских заводах XVIII в. требовалось для привода воздуходушных мехов. Второе место, как объекты для привода, занимали молоты. Как мехи, так и молоты можно было встретить в большинстве заводских «фаб-

такого типа представляли прообраз созданных впоследствии активных водяных турбин. Такие мутовки сохранились до нашего времени в некоторых районах, как, например, в районе р. Бухтармы на Алтае.

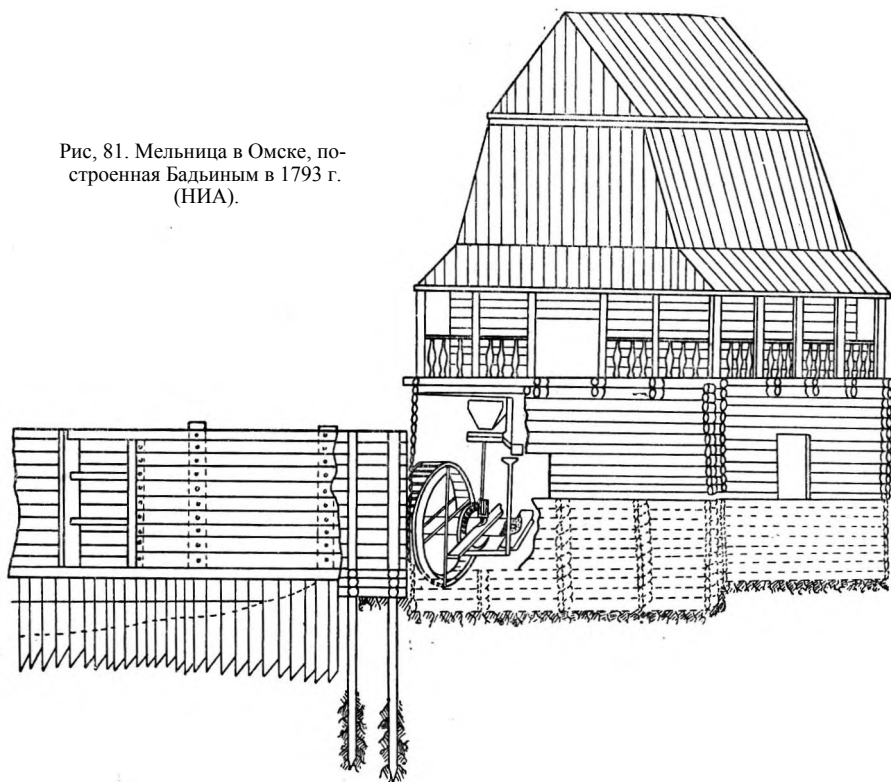
Также без особых изменений сохранились во многих местах до наших дней широко применявшиеся в XVIII в. водяные мельницы с подливными колесами. Как пример такой конструкции можно указать на Омскую мельницу, построенную Бадьиным в 1793 г. (рис. 81).

Значительно более совершенными были водяные колеса в XVIII в. на горнозаводских предприятиях, где применялись в то время за незначительными исключениями только верхнебойные, т. е. наиболее эффективные водяные колеса. О

рик»-цехов. Остальные механические агрегаты были представлены единичными экземплярами. Такое положение особенно наглядно выясняется на примере очень крупного по тому времени Екатеринбургского завода, выпускавшего в XVIII в. один из наиболее разнообразных ассортиментов продукции. Данный завод, в составе которого было свыше 40 основных и вспомогательных цехов, представлял, по существу, комбинат.

На Екатеринбургском заводе работало наибольшее известное в 30-е г. XVIII в. для одного предприятия количество водяных колес 50. Они приводили в действие 22 молота и 107 воздуходувных мехов. Кроме 10 проволочно-волочильных станов да нескольких станков для монетного производства все остальные механические агрегаты исчислялись единицами: один сверлильный стан, один плочильный, два проволочно-мотальных, один лесопильный и несколько других, им подобных.

Рис. 81. Мельница в Омске, построенная Бадьным в 1793 г. (НИА).



Для большинства заводов перечень механических агрегатов был еще более ограниченным. На заводах цветной металлургии водяные колеса применялись для привода преимущественно одних воздуходувных мехов и даже такие агрегаты, как обычные вододействующие молоты, были представлены в лучшем случае единицами. Так, например, на главном в 50-е гг. XVIII в. на Алтае — Барнаульском заводе, — огромную по тому времени плотину исполь-

зовали для привода в действие 14 водяных колес, из которых: 8 обслуживали 14 пар воздуходувных мехов, 2 — два вододействующих молота, 2 — два мельничных постава, 1 — мусерную толчею и 1 — пильную мельницу.

Детали водяного колеса представлены на рис. 82. Водяное колесо насаживалось на конец длинного вала, противоположный конец которого использовался для привода механического агрегата. В конечном итоге водяное колесо и приводимый им в действие механический агрегат образовывали как бы единую установку с рядом общих деталей. Такое положение сказалось, например, в том, что Геннин всегда описывает водяные колеса совместно с соответствующими им механическими агрегатами.

Руководители заводов, судя по сохранившимся источникам, уделяли очень мало внимания улучшению водяных колес. Неоднократно цитированный нами такой выдающийся автор, как Геннин, уделяющий много места плотинам, ларям и другим гидротехническим сооружениям и их усовершенствованию, весьма мало говорит о водяных колесах, не задавая анализом их работы, выявлением недостатков и разработкой мер для устранения последних. В использованных нами источниках XVIII в., как правило, отсутствуют столь элементарные сведения, как указания о количестве оборотов водяного колеса в единицу времени. О расходах воды также ничего не говорится.

В рукописи Геннина нет даже особого раздела о водяных колесах, рассматриваемых вскользь, попутно с оборудованием отдельных цехов — «фабрик».

В большинстве описаний заводов, составленных исключительно добросовестно И. Германом, как правило, даются о водяных колесах только самые беглые справки, ограничивающиеся преимущественно сообщением о размерах колеса. Несколько подробнее рассмотрены водяные колеса в описании Александровского и Кончезерского заводов, составленном Германом.

В разделе «О кричной работе» на Петрозаводском (Александровском) заводе Герман сообщает: «Молотовое колесо (т. е. водяное колесо для привода молота — В. Д.) есть полуподливное, то есть вода ударяет на половину высоты его; в диаметре оно имеет без перьев 2 сажени и 9 вершков, а с перьями 2 сажени 1 аршин 11 вершков, шириною по перьям 2 аршина 3 $\frac{1}{2}$ вершка; перьев имеет число 40, кои шириною 9 вершков»¹.

О водяном колесе, в том же кричном цехе, для привода цилиндрической воздуходувки сообщается, что последняя: «приводится в движение полуподливным колесом, имеющим вышины в диаметре с перьями на 1 сажень 2 аршина 9 вершков, шириною же на 1 аршин 4 вершка, при коем перьев 36 и к которому также приделаны два зубчатые колеса. Поршень в каждом цилиндре (воздуходувки — В. Д.) поднимается в минуту при умеренном действии до 6 раз»².

¹ И. Герман, «Описание Петрозаводского и Кончезерского заводов и производимого при оных литья пушек и снарядов», СПб, 1802, стр. 119.

² И. Герман, Ук. соч., стр. 119.

Герман сообщает, что водяное колесо для привода воздуховодов доменных печей Александровского завода было наливное диаметром в 7,3 м (24 фута) при ширине в 1,5 м (5 футов); в колесе было «ящиков 72». Окна для выпуска воды открывались на 25 мм (1 дюйм): «при умеренной скорости, в каждую минуту воздуха выходит содержанием около 20 цилиндров, т. е. каждый поршень подымается в минуту 5 раз»¹.

В доменном цехе Кончезерского завода было наливное колесо диаметром 6,7 м (22 фута), шириной 1 м (3½ фута), с 70 «ящиками» глубиной каждый по 0,31 м (11,5 дюймов). Колесо находилось на чугунном валу с зубчатым колесом, сцепленным со вторым зубчатым колесом, и т. д.².

Для привода «свирельных» и точильных машин на Александровском заводе было два полуподливных колеса. Значительно интереснее данное Германом описание водяных колес для привода «плющиленной машины» Александровского завода:

«Плющиленная к тому употребляемая машина построена следующим образом. Между двумя чугунными, нарочито вылитыми, стойками, которые в середине имеют между стопками два весьма исправно выточенные чугунные валька (плющиленные валки —

В. Д.), лежащие один над другим, и имеющие каждой свое наливное колесо, которые обращаются друг к другу в противную (! — В. Д.) сторону. Таковое колесо состоит из толстой деревянной оси, на которой прикреплены два чугунные круга расстоянием один от другого на 3 фута и 3 дюйма (ширина водяного колеса — В. Д.), на коих для большей их крепости находятся два чугунные венца или обруча, в которых просверлено дыр числом столько же, сколько имеется и стрел (спиц — В. Д.); сквозь оные (дыры — В. Д.), в кругах имеющиеся, винты переходят и завинчиваются гайкою. Деревянных стрел числом бывает восемь. Окружность сего наливного колеса обита поперег досками, что называется палубою. Сверх того замазываются смолою доски, коими те колеса обиты, бывают длиною в 2½ фута и 2½ дюйма.

Величина наливного колеса в диаметре равна 2 сажням 1 аршину и 14 вершкам; в нем ящиков 64, кои глубиною 10 дюймов... Отверстие, чрез которое выпускается вода на колесо, шириною 2 аршина, вышиною 1 аршин и два вершка. При умеренном действии колесо в минуту делает до 6 оборотов... Колодец над самым водяным колесом глубиною в одну сажень, длиною 2 аршина, шириною 1 аршин и 1 вершок; при коем запор с ручкою для пускания из колодца на колесо воды, длиною 2 аршина, вышиною 1 аршин и два вершка, которой поднимается посредством чугунного валька и шестерни, при умеренном действии на 6½ дюймов»³.

Водяные колеса Александровского завода были исключением. Как правило, в России XVIII в. применялись на заводах деревянные колеса с небольшим числом металлических деталей в наиболее

¹ И. Герман, Ук. соч., стр.50.

² И. Герман, Ук. соч., стр.54.

³ И. Герман, Ук. соч., стр.123—125.

ответственных местах. Производство водяных колес входило в число обязанностей плотинного мастера с плотниками.

Техника производства водяных колес описана в упоминавшейся рукописи П. Аносова¹. «Круги» для колеса изготавливали на особом верстаке, состоящем из четырех пересекающихся на общей оси брусьев. Соответственно восьми концам брусьев намечалось деление окружности будущего колеса на восемь частей. Из центра пересечения брусьев отмечали циркулем на брусьях верстака окружность колеса.

Из двухвершковых досок заготавливали косяки. Восемь косяков клали по намеченной окружности колеса; клали их так, чтобы стыки косяков находились на середине брусьев. Затем тем же циркулем чертили на косяках внутреннюю и внешнюю окружности обода колеса. Излишки стесывали с косяков. Затем клали вторую партию косяков (также восемь штук) и проделывали те же операции.

Каждые восемь косяков образовывали тетиву.

Одну тетиву клали на вторую так, что концы косяков одной приходились на серединах косяков второй. Высверливали буравами в два ряда по четыре отверстия на каждом косяке. Затем скрепляли в одно целое обе тетивы деревянными гвоздями, изготавливая круг для одной стороны колеса.

На каждой тетиве проводили циркулем окружность, разделяющую боковую поверхность тетивы на две части: наружная — для укрепления перьев (лопастей), внутренняя — для подперков.

Диаметр тетивы соответствовал диаметру колеса. Ширина косяков тетивы обычно составляла от 0,37 до 0,45 м. Ширина части, предназначенной для укрепления перьев, обычно составляла от 0,26 до 0,34 м, а для подперков 0,11 м. Для подперков вырубали в тетиве борозды по радиусам колеса. Борозды же для перьев делали под углом 70° к радиусу.

Изготовив круг для одной стороны колеса, приступали к изготовлению второго круга.

Спицы колеса — «ручки круга» — делали из брусьев (толщиной 0,17 — 0,22 м), окованных железом. В центральной части колеса «ручки» образовывали хомут, «в коем утверждается вал колеса». На концах «ручек» делали до половины толщины вырезки, которыми прикладывали «ручки» к кругу, прибывая деревянными гвоздями.

Вал устраивали из четырех бревен, обрубленных так, чтобы вал имел форму восьмигранника. В торцах вырубали отверстие для шипов и затем оковывали концы вала железом. Вал устанавливали на место, где должно находиться колесо. Здесь же производилась установка на валу колеса. На вал надевали хомутом один круг, укрепляя его клиньями. Затем начиналось центрирование круга: «для узнания... что круг со всех сторон отстоит от оси вала на

¹ «Систематическое описание горного и заводского производства Златоустовского завода, составленное практикантом П. Аносовым», 1819, стр. 52—56. Хотя описание составлено в 1819 г., но в нем дана техника производства водяных колес в том виде, как она была выработана на рубеже XVIII—XIX вв. Возможно изменились затем за несколько лет детали.

одинаковое расстояние». К кругу прикладывали правило и вращали вал. Если какая-либо часть круга захватывала правило, то соответствующим образом поправляли клинья. Доведя круг до достаточно точной установки, закрепляли его наглухо на валу при помощи сперва деревянных, а затем железных клиньев. Также устанавливали второй круг на расстоянии от первого, соответствующем ширине колеса. Далее предпринимали меры, чтобы обеспечить параллельность кругов и точность расположения друг против друга борозд для перьев и подперков на обоих кругах. С этой целью набивали в разных местах на круги по ободу колеса планки одинаковой длины.

Установив оба круга колеса, загоняли подперки в заготовленные для них пазы. Затем палубили колесо — обшивали снаружи досками. Вслед за тем загоняли в заготовленные места перья, укрепляя их гвоздями. Сверху, примерно на четвертую часть колеса, устраивали над ним кафтан, состоящий «из двух дуг, примыкающих к кругам (колеса — В. Д.) и обшитых досками». Вода для действия колеса, поданная ларями в «заводский колодец», текла через окно в последнем в спуск. Спуск представлял собой устроенную у окна колодца «трубу», подававшую воду непосредственно на колесо. Длина отверстия спуска у окна колодца 0,35, а ширина 0,17 м. При колесе спуск соответствовал ширине последнего.

Для полноты представления о мощностях водяных колес XVIII в., требовавшихся для обслуживания заводов, приведем позднейшие данные, сообщенные Лушниковым, исследовавшим серебropлавильное производство на Гавриловском заводе¹, о котором было сказано нами выше (см. гл. VI).

Материалы, сообщенные Лушниковым, свидетельствуют, что гидросиловая установка Гавриловского завода в 60-е гг. XIX в. существенно не отличалась от имевшейся здесь в конце XVIII в.

Диаметр колес 90-х гг. XVIII в. (2 саж. = 4,2 м) в точности соответствует диаметру колес 60-х гг. XIX в. (2 саж.). Не изменилась у колес конструкция; сохранилось и самое количество колес для привода цилиндрических воздуходувных установок: в обоих случаях — два водяных колеса.

Изложим данные и расчеты Лушникова о гидросиловой установке Гавриловского завода, в точности придерживаясь его текста и его терминологии.

Плотина имела следующие размеры: длина 28 саж. (59,7 м), ширина поверху 12 саж. (25,6 м), высота 12½ аршин (8,9 м), «считая от мертвого до красного брусьев». Ширина вешняного прореза (без «свинок») 3 саж. (6,4 м). «Стекол» 3, каждое шириной в 2 аршина (1,4 м). Капитальные стойки — 1¾ фута в квадрате (0,16 м²). Подпор воды над ларевым порогом 8 аршин (5,7 м); обычно используемый подпор 6 аршин (4,3 м). Тоннель для подачи воды (рис. 36) имел сечение 20 кв. футов (1,85 м²).

¹ Лушников в 1-й, Описание серебropлавильного производства на коксе в Гавриловском заводе, «Горный журнал», 1865, ч. IV, стр. 339—362. Описание Лушникова использовано потому, что автор его располагал всеми точными измерениями, которыми мы теперь не располагаем для колес XVIII в.

Два водяных колеса: диаметр 2 саж, (4,2 м); разнос (т. е. рабочая длина лопаток) 4 фута (1,2 м). Число оборотов в минуту 6. Колеса были укреплены на деревянных квадратных валах диаметром каждый $2\frac{1}{2}$ фута (0,76 м); чугунные цапфы $8\frac{3}{4}$ дюйма (0,22 м). Каждое колесо приводило в действие четыре однодувных, открытых сверху цилиндра.

Расчетные данные и расчеты приведены Лушниковым следующие. Валовой запас воды исчислен по формуле $Q\gamma H = 28,8 \times 1,73 \times X \times 30 = 1\,494,7$ пудофутов = 99,65 сил.

Скорость воды в начале «русла» (спуска) исчислена равной 9 футам, а скорость в конце его — 10 футам в секунду. Скорость входа воды на колесо определена: $V = 10,7$ фута в секунду. Объем воды, идущий на колесо в 1 сек., определен равным $Q = 14,62$ куб. фута.

«Сила», по Лушникову, колеса определена по формуле Морена:

$$P \cdot v = 780 \quad Q \cdot h + 102 \quad Q \quad V \cos \alpha - v) \quad V \text{ килограммометров или}$$

$$P \cdot v = Q\gamma \left(0,78h + \frac{(V \cos \alpha - v) v}{\gamma} \right) \text{ пудофутов}^1. \text{ На основании}$$

подсчетов мощность колеса определяется равной 19,83 «паровых лошадей».

На весь завод расходовалось $2 \cdot 19,83$, т. е. около 40 «паровых лошадей». Коэффициент полезного действия был определен Лушниковым равным 0,40.

Итак, даже в начале XIX в. заводское водяное колесо оставалось чаще всего сколоченным из дерева деревянными же гвоздями, как свидетельствует приведенное выше описание Аносова. В пределах «деревянной» техники из водяного колеса были выжаты, по существу, все возможности. И тем не менее оно оставалось весьма несовершенным двигателем, даже при условии применения в отдельных случаях (Александровский завод) металлических конструкций. Колеса, как правило, оставались тихоходными (обычно 5 — 6 об/мин) и чрезвычайно громоздкими по сравнению с развиваемыми ими мощностями. Развитие водяного двигателя в России, как и в других странах в XVIII в., шло в основном по линии возрастания мощностей при сохранении старой конструкции. Даже водяные колеса Змеиногорской установки К. Д. Фролова представляли всего лишь циклопические формы обычных наливных колес. Только в XIX в. в России получают применение водяные двигатели принципиально иного устройства — турбины.

Чрезвычайно важно здесь указать, что -новые двигатели (турбины) получили применение в России очень рано. Как известно, только в 30-е гг. XIX в. Фурнейрон закончил работу по созданию водяной турбины, пригодной для промышленного использования.

¹ Q — расход в 1 сек. в куб. футах; γ — вес куб. фута воды в пудах; h — высота точки средней струи воды с окружностью колеса в футах; V — скорость на окружности колеса, выраженная в футах в 1 сек.

Для рассматриваемого случая приняты: $v = 4,398$ фута в секунду; $h = 14$ футов; $\gamma = 1,73$ пуда.

Вслед за тем Россия оказалась одной из первых стран, где водяная турбина была применена для заводских нужд. В 1837 г. механик Алапаевских заводов Сафонов, впервые на Урале (видимо, и впервые в России) сконструировал и установил водяную турбину, по типу подобную турбине Фурнейрона. Турбина была применена для привода двух листокаточных станков. Мощность турбины Сафопова 36 л. с.; работала она при напоре порядка 2,5 м, развивая до 25 об/мин¹. Благодаря зубчатой передаче, введенной между турбиной и плющильным станком, валы последнего совершали 125 об/мин. При том же расходе воды замена водяного колеса турбиной вдвое увеличила производительность стана (при приводе от водяных колес прокатывали в сутки от 400 до 575 пуд. заготовок, а после перехода к приводу от турбины не менее 1 000 пуд. в сутки).

Ограничиваясь применением обычного водяного колеса, русские гидротехники сумели выработать в XVIII в. весьма совершенные формы его использования. Наиболее простым был привод от отдельного колеса одного отдельного же агрегата, как, например, мехового или молотового стана. Теперь, в условиях применения электромоторов, такой индивидуальный привод представляет огромный прогресс по сравнению с групповым. В XVIII в. положение было обратным: индивидуальный привод представлял наиболее отсталую форму использования двигателя. В условиях исключительно механической передачи энергии прогрессивную форму представлял именно групповой привод. Вспомним, что именно так развивалась передача от парового двигателя на всем протяжении XIX в., вплоть до возникновения электроэнергетики.

Именно в этом направлении проделали огромную подготовительную работу русские гидротехники, вырабатывая в XVIII в. привод от центрального мотора не только групп механических агрегатов, но и всех решительно агрегатов в пределах отдельного цеха и даже отдельного предприятия.

Следует прежде всего указать на применявшийся на русских заводах XVIII в. групповой привод, осуществляемый при помощи так называемых «сухих валов», т. е. промежуточных между валом двигателя и приводимыми в действие станами.

На рис. 83 представлен укладной цех Екатеринбургского завода². Одно гидравлическое колесо применялось здесь для привода воздуходувных мехов во всем цехе. В правом углу цеха, на заднем плане, виден конец пропущенного «на аршин не более» вала водяного колеса (находящегося в кожухе — кафтане за стеной). На конце вала укреплен кривошип — «шип железный коленчатый». Он соединен с длинным шатуном, достигающим до полубалансира, врезанного в «сухой» вал. Последний пропущен поперек всего помещения цеха. Система — вал водяного колеса, кривошип, шатун — вызывает колебательные, точнее возвратно-вращательные, движения «сухого вала». Одновременно с «сухим» валом совершают такие же возвратно-вращательные движения десять полуба-

¹ Расход воды 8,7 м³/сек; внешний диаметр турбины 3,6 м; внутренний 2,8 м.

² Уклад — продукт, занимающий промежуточное место между железом и сталью; иногда его называют «мягкой сталью» или «сырцовою сталью».

лансиров, укрепленных в нем и соединенных с рукоятями воздуходувных мехов (с каждой стороны «сухого» вала расположено по пять полубалансиров для привода мехов; тем самым вызывается поочередный привод четных и нечетных мехов в каждой паре). Кроме привода первой группы мехов, в составе пяти пар, тот же «сухой» вал использован для привода воздуходувных мехов, расположенных у противоположного конца цеха. Для этой цели на «сухом» валу укреплен большой полубалансир, соединенный тягой, проходящей через весь цех, с полубалансиром второго «сухого» вала. Второй «сухой» вал, ведомый первым, приводит в противоположном конце цеха в действие вторую группу мехов при помощи полубалансиров, соединенных с рукоятями мехов.

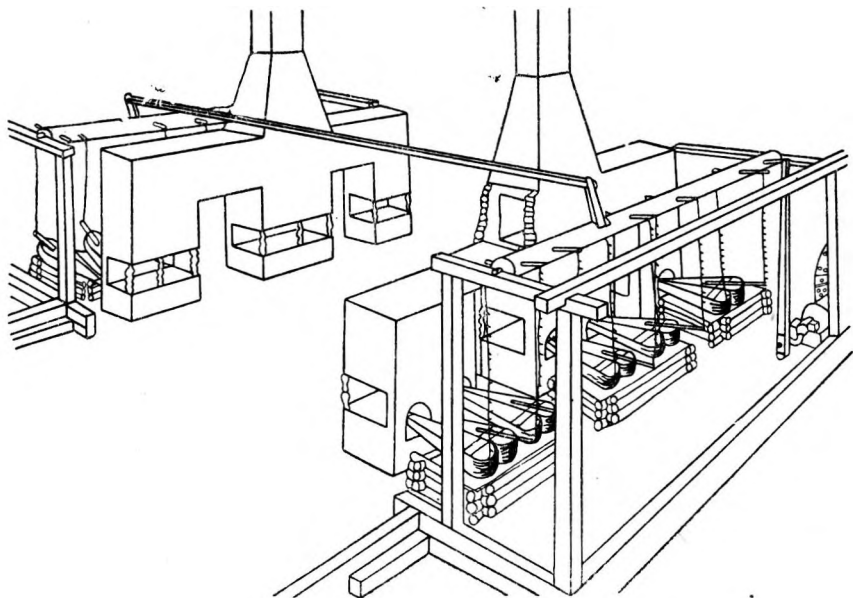


Рис. 83. Укладной цех Екатеринбургского завода (Геннин — «Абрисы», 1735 г.).

Таким образом от одного водяного колеса при помощи двух «сухих» валов осуществлялся привод всех десяти пар мехов, расположенных в укладном цехе.

Как указывалось, обычно водяные колеса с кожухами примыкали непосредственно к стенам цехов так, что конец «водяного» вала проходил в цех и там использовался для привода. Только в некоторых случаях в XVIII в. применялись еще более прогрессивные решения (чем данное в укладном цехе Екатеринбургского завода), при которых водяное колесо как бы выделялось в особую силовую установку, полностью вынесенную за пределы цеха. Такое решение было дано, например, в «кузнечной мелочного дела фабрике» или, как мы теперь сказали бы, в кузнечном цехе мелких поковок Екатеринбургского завода.

Наибольшее из гидравлических колес завода, диаметром в 5,7 м, помещалось в особой постройке, отделенной дорогой от кузнечной

«фабрики». Рабочий вал водяного колеса при помощи кривошипа и горизонтального шатуна приводил в движение балансир, укрепленный на горизонтальной оси. Верхний конец балансира был присоединен к тяге («стреле»). Тяга, выходя из помещения силовой установки, проходила над дорогой и затем пропущенная через стену кузнечной проходила через все помещение цеха, приводя в действие «сухие» валы.

Возвратно-поступательные движения тяги вызывали возвратно-вращательные движения «сухих» валов, полубалансиры которых одновременно приводили в действие 24 воздуходувных меха у 12 кузнечных горнов.

Кроме того, на валу водяного колеса находилось палечное колесо, вращавшее шестерню, насаженную на вал с точилами и шлифовальными кругами.

Водяное колесо превратилось на «кузнечной мелочного дела фабрике» Екатеринбургского завода в центральный мотор.

Не случайно данная наиболее прогрессивная форма применения водяного колеса, известная для периода, предшествующего крупной машинной индустрии, была использована для привода воздуходувного меха. Последний ведь был основным потребителем механической энергии на русских заводах XVIII в. И, вместе с тем, то был наиболее яркий пример качественно ограниченного механического агрегата, типичного для горнозаводской техники России того времени.

В конце XVIII в. на алтайских заводах была осуществлена в новой форме идея использования водяного колеса как центрального мотора для привода воздуходувных мехов в пределах всего цеха. Новая форма применения центральной воздуходувной установки была создана в связи с введением цилиндрических конструкций. В отличие от привода при старых клинчатых мехах¹ при новой конструкции стали концентрировать воздуходувные агрегаты в одном месте, а от них подавать сжатый воздух ко всем печам цеха. Так было, например, на Гавриловском заводе в конце 90-х гг. XVIII в.² (рис. 84). На данном, последнем из построенных в XVIII в. алтайских заводов, в одном из цехов были две установки, требующие механической энергии: воздуходувные цилиндры и мусерная толочка. Каждая из них приводилась отдельным водяным колесом, расположенным непосредственно на территории цеха.

Идея использования водяного колеса как центрального мотора получила наибольшее развитие в XVIII в. в трудах К. Д. Фролова. При постройке в 1765 г. Нижнекорбалихинского похверка с его рудотолчейными и промывальными установками Фролов сумел обеспечить привод от одного водяного колеса как механических агрегатов всего предприятия, так и внутризаводского транспорта. От одного и того же колеса приводились здесь в действие: рудотол-

¹ В конце XVIII в. в Барнауле одно колесо приводило в действие вал, обслуживающий три пары клинчатых мехов (из 12 пар, расположенных в одном здании). Центральный государственный архив народного хозяйства, фонд: Кабинет е. в., планы и чертежи, дело № 31.

² Там же, дело № 303.

чейная установка, механизмы, обслуживающие промывательные ящики, и, наконец, вагонетки, передвигавшиеся по рельсовым путям. В конечном итоге на базе всего лишь обычного водяного колеса Фролов сумел осуществить в данном случае в пределах целого предприятия обслуживание всех операций, требовавших затраты механической энергии. Тем самым данное предприятие, осуществленное Фроловым в условиях XVIII в., представляло по идее прообраз той производственной формы, которую мы в наших условиях называем завод-автомат.

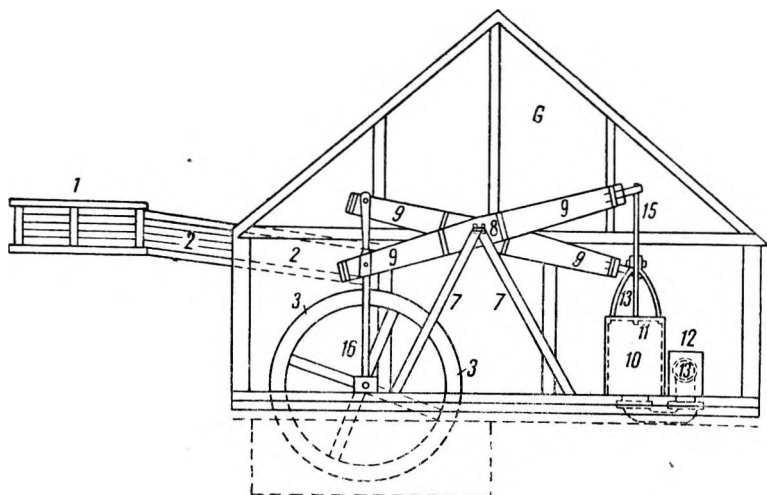


Рис. 84. Водяной двигатель и цилиндрическая воздушная установка на Гавриловском заводе в 90-е гг. XVIII в. 1 — главный ларь; 2 — спуск для подачи воды на колесо; 3 — водяное колесо; 16 — шатуны; 9 — балансиры; 8 — подшипники балансиров; 15 — штанги для привода воздушного поршня; 10 — воздушный цилиндр; 11 — поршень; 12 — воздушный ларь; 13 — воздухопровод. (ЦГАНХ, Л.).

Замечательные идеи Фролова, опередившие на столетия не только русскую действительность, конечно, не могли получить распространения в условиях феодально-крепостнического строя. Не смогли тогда получить применение и многие другие из наиболее прогрессивных предложений, чрезвычайно большое количество которых было внесено передовыми русскими гидротехниками как в XVIII, так и в XIX вв.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ ДО НАЧАЛА XIX в.

Изученные нами архивные материалы, а также материалы, собранные во время наших полевых обследований, свидетельствуют, что в феодально-крепостнической России гидроэнергетическая техника все время развивалась. Достаточно сопоставить гидроэнерге-

тическую технику в России начала и конца XVIII в., чтобы убедиться в наличии весьма значительного движения вперед в то время в данной области техники. Однако это движение было чрезвычайно своеобразным, соответственно специфическим особенностям феодально-крепостнического производства.

Движение вперед при феодально-крепостническом строе не могло охватывать полностью во всем объеме даже отдельную отрасль производства.

Ярко сказалось такое положение и в развитии техники плотиностроения, и в развитии гидроэнергетики в целом. При наличии многих новшеств широкое применение на русских заводах того времени получил собственно только один тип плотин, хотя и весьма значительно усовершенствованный в России XVIII в., — вододержательная земляная плотина с глиняным ядром и понуром, рассчитанная на пропуск излишних вод только через водоспуск. Такие плотины были настолько распространены, что авторы XVIII — XIX вв., затрагивавшие вопрос о русских плотинах XVIII в., обычно описывают данный тип как единственный, получивший применение на заводах того времени.

Типичным для России XVIII в. было то, что отдельные конструкции плотин, зачастую с нашей точки зрения несравненно более приемлемые, чем наиболее распространенные, не получили тогда должного распространения. Так было с флотверами деривационных установок Алтая и Забайкалья. Также и исключительная по замыслу и исполнению Змеиногорская плотина осталась единственной в своем роде в России XVIII в.

Типичным для феодально-крепостнического строя было то, что при наличии несомненного прогресса в технике сооружения плотин, и особенно в деле разработки самых схем расположения гидротехнических сооружений, движение вперед не смогло охватить всю гидроэнергетику в целом. В результате к концу XVIII в. сочеталось использование плотинных сооружений, представлявших огромный прогресс по сравнению с применявшимися в первой половине того же столетия, и водяных колес, не претерпевших особых изменений на протяжении даже не одного столетия.

Лучшие из технических новшеств в тех условиях зачастую не получали всеобщего распространения. В конечном итоге, в дальнейшем оказалась забытой немалая часть наиболее выдающихся технических достижений того времени. Так был забыт опыт русских строителей деривационных установок XVIII в. В этом смысле представляется, конечно, только в известной мере, созвучной судьба таких начинаний И. И. Ползунова, как построенная им первая в мире заводская паровая машина и первая в России деривационная установка, построенная им же. И то и другое начинание великого гения русского народа не смогли получить должного распространения в условиях России XVIII в.

Такое своеобразие в развитии техники вообще, и гидроэнергетики в частности, определялось самой сущностью феодально-крепостнического строя, при котором действовали не конкуренция, как при капитализме, а крепостническая монополия и владельческое

право. Основой производства в тех условиях был ручной труд. Производство развивалось прежде всего за счет интенсификации ручного труда и включения новых тружеников. Технические новшества применялись именно там, где без них по самому своему существу производство не могло быть осуществлено. Вот почему в данных условиях двигатель — водяное колесо — мог оставаться практически без изменений, в то время как самые гидротехнические сооружения значительно изменились. Также обстояло дело и с применением механического привода, вводимого только там, где не было другого выхода.

Изученные документы того времени свидетельствуют, что механический привод даже в тех отраслях, где он получил наибольшее распространение, охватывал тогда не всю отрасль в целом, а только некоторые группы процессов, в пределах данной отрасли.

Механизация (а следовательно, и применение гидравлических двигателей) при крепостном строе охватывала производство только частично и не была органической, как то имело место в дальнейшем в условиях капиталистического строя. Применение механических агрегатов было скорее исключением в крепостническом производстве в целом и никак не правилом. При всей прогрессивности применения механического привода он мог в условиях крепостнического строя играть только вспомогательную роль и никак не мог революционизировать производство. Следует со всей резкостью признать, что в условиях России XVIII в. не было широкого социального базиса для механизации производства, а потому и не было базиса для всеобщего применения механических агрегатов, приводимых в действие хотя бы только водяными колесами.

Вот почему не смогли получить в тех условиях распространение замечательные идеи полностью механизированного предприятия, не только высказанные К. Д. Фроловым, но и практически впервые осуществленные им на корбалихинских похверках. По той же причине не имевшая равных себе во время своего сооружения изумительная Змеиногорская гидросиловая установка К. Д. Фролова осталась уникалом.

С другой стороны, как указывал Маркс, «...употребление водяной силы, как преобладающей двигательной силы, было связано с различными затруднениями. Ее нельзя было повышать до производного уровня, ее недостаток нельзя было восполнить; иногда она истощалась и, главное, имела чисто локальный характер»¹.

Русские заводы XVIII в., в условиях возможности использования только механической передачи энергии, вынуждены были потреблять вырабатываемую при помощи водяных колес энергию непосредственно на месте ее получения. Тем самым заводы были полностью привязаны к источникам водной энергии, что вызывало огромные затруднения для развития производства.

Оторванность заводов от рудных баз обуславливала огромные расходы на транспорт. Особенно резко сказалось такое положение на Алтае — родине первой русской чугунной дороги, вышедшей за

¹ К. Маркс, Капитал, т. I, соч. М. и Э., т. XVII, стр. 415.

пределы заводского двора¹. Достаточно взглянуть на любую карту алтайских рудников и заводов того времени, чтобы убедиться в чрезвычайном территориальном разрыве их, особенно обострившемся к концу XVIII в.².

При наличных технических средствах и знаниях в то время неизбежной была постройка плотин исключительно на относительно малых реках. Такое положение неизбежно вело к распылению производства, к созданию очень большого количества относительно мелких заводов.

За неудачный выбор места для постройки завода приходилось жестоко расплачиваться. Ведь плотина с прочими гидротехническими сооружениями в то время стоила обычно вдвое больше, чем самый завод.

Именно на эту сторону вопроса, на недостатки гидроэнергетики того времени, обратил внимание великий русский гений XVIII в. — Иван Иванович Ползунов — творец первой в мире «парами действующей» машины, созданной для заводских нужд³.

Но в условиях того времени осталась безрезультатной его попытка «водяное руководство пресечь» и перевести производство на базис передовой в то время паровой энергетики.

Приходилось ограничиваться исключительно водяными колесами и после преждевременной смерти И. И. Ползунова и гибели его дела.

При наличии, несомненно, избыточного водного годичного баланса заводы часто терпели недостаток в воде, так как во время весенних, осенних и летних паводков приходилось сбрасывать через водоспуски очень большие количества воды. Некоторые исследователи истории уральской металлургии полагают, что в XVIII в. «потери технически полезной и доступной для утилизации воды надо определять не менее как в 25 — 30% от расходовавшейся в течение года»⁴. Цифра эта, конечно, весьма условная, но несомненно, что потери возможных для использования вод были весьма значительны.

В конечном итоге утилизация водной энергии в России до возникновения крупной индустрии, как и в других странах на таком же этапе, имела и не могла не иметь следующие основные недостатки:

1. Необходимость утилизации водной энергии непосредственно у места нахождения таковой, что обуславливало принудительное размещение предприятий в местах мало выгодных, а иногда и крайне невыгодных в смысле удаленности от рудников.

¹ В. Данилевский, Первая чугунная дорога, построенная на Алтае в 1806—1809 гг., «Труды Ленинградского индустриального института» № 4, 1939 г.

² См., например, «Карта Кольвано-Воскресенской горной округи, составленная из новейших частных карт Барнаульской горной архивы». Под руководством Л. Панонера, 1816 г.

³ В. Данилевский, Первая огнедействующая машина, построенная в России и ее изобретатель И. И. Ползунов, «Труды Ленинградского индустриального института», т. X, 1937, стр. 3—38.

⁴ Д. К а ш и н ц е в, История металлургии Урала, М.—Л., 1939, стр. 179.

2. Затруднения в выборе места для завода, в связи с тем, что наряду с источником водной энергии было необходимо иметь достаточные лесные массивы (транспорт горючего — древесного угля, не выдерживающего дальних перевозок, возможен был только в весьма ограниченных пределах).

3. Соответственно приведенным условиям распыление относительно мелких заводов на больших территориях.

4. Возможность использования энергии относительно небольших водотоков, что предопределяло ограниченность запасов энергии в избранном пункте.

5. Зависимость количества вырабатываемой энергии от времени года.

6. Незначительные мощности двигателей — водяных колес.

7. Возможность увеличения мощности отдельного двигателя только за счет увеличения его размеров, а не за счет повышения скорости и применения более рациональных конструкций.

8. Конструктивная сложность и громоздкость тихоходных водяных колес весьма ограниченных мощностей.

9. Значительный удельный вес издержек на гидротехнические сооружения, стоимость которых обычно в среднем вдвое превышала стоимость самого завода со всеми его цехами.

Но не взирая на подобные недостатки, широкое использование гидросиловых установок в условиях России того времени было огромным прогрессом. Водяные колеса были первым и механическими двигателями, получившими широкое распространение в русской промышленности. Восемнадцатый век стал временем расцвета в использовании гидросиловых установок в дореволюционной России. Никогда в последующем водяной двигатель не играл такой исключительной роли в русской дореволюционной промышленности.

Водяной двигатель, хотя и в форме сравнительно примитивного водяного колеса, был в России XVIII в. единственным двигателем, получившим всеобщее распространение в промышленности во всех тех случаях, когда был необходимым механический привод. В этом и только в этом смысле значение водяных двигателей в промышленности было тогда более значительным, чем когда-либо впоследствии.

Следует также указать, что основные достижения в деле развития гидроэнергетики в России до начала XIX в., рассмотренные нами, как правило, основывались не на теоретических изысканиях, а непосредственно на производственном опыте. Такое положение, однако, не обозначает того, что никакой теоретической работы в области гидроэнергетики в России не было. Наоборот, именно в нашей стране была проведена немалая и теоретическая работа в интересующей нас области, особенно в деле развития гидравлики. Ведь основные исходные положения гидравлики, которыми мы пользуемся теперь, были разработаны Даниилом Бернулли (1702—1782) и Леонардом Эйлером (1707 — 1783) в то время, когда они работали в нашей стране. Опубликовав свой эпохальный труд в 1738 г., автор «Гидродинамики», Бернулли, собственноручно напи-

сал в предисловии, что его произведение создано во время пребывания в России и принадлежит прежде всего Петербургской Академии наук.

Все здание современной гидравлики покоится на основном уравнении Бернулли, представляющем не что иное, как закон сохранения энергии в применении к установившемуся движению капельной совершенной жидкости. Но, упоминая сотни раз имя Бернулли, даже русские авторы забывают сказать, что данное уравнение было разработано в XVIII в. членом нашей Академии наук и во время его работ в России. Также не пользуется должной популярностью тот факт, что, стремясь применить на практике разработанные им теоретические положения, Бернулли создал оригинальную конструкцию и разработал теорию нового трубчатого водоподъемника, построенного затем впервые именно в России, в 1784 г. в селе Архангельском¹. Как известно, работы Бернулли в области гидродинамики продолжил Леонард Эйлер, создавший целую серию основных уравнений, широко используемых современной теорией. Разрабатывая основные принципы гидравлики, Эйлер опять-таки наиболее плодотворно работал, как член нашей Академии наук, во время его пребывания в Петербурге. Именно, исходя из работ Эйлера, была произведена вся последующая разработка не только теории, но и самых конструкций водяных турбин. Теоретическими вопросами в области, представляющей предмет нашего изучения, занимались тогда и русские деятели, в числе которых первое место принадлежит великому Ломоносову, производившему, как сказано, опытное изучение гидравлических явлений на построенной им гидросиловой установке в Усть-Рудице. Заслуживает также упоминания опубликованный в 1791 г. труд Алексея Колмакова, посвященный по его определению «водотрубному искусству»² «Карманная книжка» Колмакова представляет вообще один из первых известных нам русских технических справочников.

Как пример сделанной в России XVIII в. попытки усовершенствовать на основе теоретического изучения гидротехнические сооружения можно указать статью «О исправлении водяных запруд или плотин», опубликованную Вольным экономическим обществом³. «Водяное строение, — писал автор, — имеет наипаче при плотинах весьма опасного врага, который тем могуще, чем больше плотина и чем выше она поднимает воду». Автора занимал в этой связи вопрос об устройстве возможно более надежных водосливных плотин

¹ «Описание идраулической машины, построенной в Архангельском селе князем Н. А. Голицыным. Переведено с французского языка Ф. Ш. Во граде святого Петра 1793 г.» (брошюра была опубликована на французском языке в 1787 г.).

² «Карманная книжка, для вычисления количества воды, протекающей через трубы, отверстия или по жолубам, также и с какою силою они ударяют, стремясь с данной скоростью; с приложением правил для вычисления трений, производимых в машинах, в пользу находящихся при строении мельниц и проведении вод. Соч. Алексея Колмакова. В Санкт-Петербурге. 1791 г.» (6+99 стр.—2 табл.).

³ И. К. Гергард, О исправлении водяных запруд или плотин при свободных шлюзах; а особливо дабы сколько возможно отвратить подмывание при концах оных, «Труды Вольного экономического общества», СПб, 1795, т. 50, стр. 210—215.

при шлюзах, при которых сбрасываемая вода «со всевозможным насилием так захватывает основание, и по различному состоянию основания так вымывает, что прососы часто на несколько сажень углубляются». Справедливо указывалось при этом, что крепление водобоя фашинами или камнями: «силы стремящейся воды не ослабляет... часто сии предосторожности бывают недостаточны, и иногда столь же скоро, как и самые основания смываются».

Исходя из указанных предпосылок, автор поставил своей задачей изыскать способ: «силу оной (воды. — В. Д.) во время стремительного падения частию прервать, и скорость оной уменьшить». Сущность предложения — замена наклонной плоскости у водосливной плотины параболической (рис. 85).

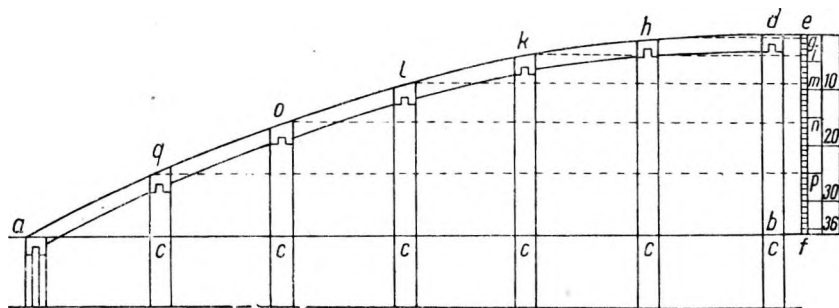


Рис. 85. Параболическая плотина («Труды Вольного экономического общества» 1795 г.).

Далее в тексте следуют такие определения для постройки параболической плотины:

«1 Плотинный порог, или верх Параболы. Vertex Parabolae.

2. Учреждение ширины плотины или длины запруды есть Параметр.

3. Абсциссы определяют высоту брусьев, на коих плотина либо досками намащивается, либо плитами выкладывается.

Наконец:

4. Стекающая вода составляет Тангенсы Параболы, кои через каждую Абсциссу и следовательно каждую минуту другой угол с Параболой принимают, и стекающей воде другое дают направление. А как сверх того углы, кои Тангенсы с Параболою составляют, чем она длиннее, тем более уменьшаются, то происходящее от стремления воды давление ее должно также уменьшаться, и следовательно у воды отнимать силу, в основании не столь сильно рыть, как то делает падение воды по равнообразной наклонной плоскости».

С целью облегчить постройку параболической плотины, автор разработал чертеж (рис. 85): ab — ширина плотины; c — семь рядов свай, соответственно избранной ширине плотины (сваи разделяют плотину на шесть равных частей); bd — высота плотины; fe — масштаб, дающий высоту абсцисс. Для наглядности в тексте идет речь о сваях как об абсциссах. Как показывает масштаб, длина

свай изменена по арифметической прогрессии; уменьшение длины абсцисс составляет 1 — 3 — 5 — 7 — 9 — 11. От соответствующих точек масштаба проведены до пересечения с абсциссами «семиординаты»; точки пересечения определяют высоту свай, через вершины которых проходит требующаяся кривая. После построения параболической плоскости для всего тела плотины следовала облицовка водослива: «брусья и переклады по оным (параболическим линиям. — В. Д.) намостится и вся плотина или запруда сим образом обработается и, наконец, прочным веществом наполнится».

Итак, сущность предложения автора заключается в создании удобообтекаемых водосливов. Для того времени задача была решена блестяще и притом, видимо, впервые, насколько можно судить по имеющимся в нашем распоряжении материалам.

Особенно важно, что данное предложение было успешно применено на практике в России, как это следует из слов автора: «могу я из опытов при таких делопроизводствах уверить, что действие желанию моему чрезвычайно соответствовало».

Однако данное предложение, как и многие другие ценные теоретические предложения в области гидроэнергетики, сделанные в России XVIII в., не смогло получить должного распространения. В условиях феодально-крепостнического строя неизбежным было крайне недостаточное использование практиками теоретических работ. Среди многих тысяч изученных нами архивных документов, относящихся к гидроэнергетике и гидротехнике в России до начала XIX в., по существу отсутствуют какие бы то ни было указания на использование строителями гидросиловых установок результатов теоретических исследований.

В заключение следует указать еще на одно важнейшее обстоятельство в истории развития гидроэнергетики в нашей стране. Крепостной строй послужил основой успехов русской гидроэнергетики XVIII в., давшей немало непревзойденных тогда образцов для мировой практики. Но в дальнейшем, когда на Западе наступил период победы и утверждения капитализма в передовых странах, а в Россия все еще оставался крепостной строй: «Россия оказалась далеко позади других европейских стран»¹. Мы ограничили наше исследование временем, предшествующим указанному периоду, временем, когда Россия еще не была отсталой, а стояла в ряду передовых стран.

Каков же общий итог развития гидроэнергетики в России до начала XIX в.?

Итог нам представляется блестящим.

Даже в условиях крепостнического производства были разработаны и успешно построены разнообразными оригинальными гидросиловыми установками, свидетельствующие о чрезвычайной одаренности русских гидротехников XVIII в.

Козьма Дмитриевич Фролов и его современники сумели внести свой богатый вклад в историю мировой гидроэнергетики, создавая

¹ В. И. Ленин, Развитие капитализма в России, соч., т. III, стр. 377.

одни из наиболее выдающихся инженерных сооружений того времени.

Необъятно велик и труд закрепощенных русских рабочих и крестьян, руками которых создавались и уникальные змеиногорские плотина и установка, и «машина села Архангельского», и деривационные установки Алтая и Забайкалья. Плотины Горной Кольвани, Златоуста, Свердловска, Тагила и много других свидетельствуют по сей день о трудах десятков тысяч строителей гидросиловых установок XVIII в.

Но давно забыты имена рядовых строителей. Даже о наиболее выдающихся русских гидротехниках XVIII в. теперь редко кто что-либо знает. А в то же время сохранилось в советских архивах немало документов о выходивших в прошлом из самых народных низов гидротехниках, делами которых теперь мы можем обоснованно гордиться. Лучшим памятником русским рабочим и крестьянам, трудившимся над созданием гидросиловых установок в прошлом, должно быть тщательное изучение огромного практического опыта, ими накопленного и могущего быть хотя бы частично мобилизованным для борьбы за дальнейшее развитие малой гидроэнергетики в СССР. Ведь именно на основе их опыта были созданы и действовали десятки тысяч гидросиловых установок.

Строил эти установки, в полном смысле слова, — народ. Создавал их народ, неплохо знавший условия, в которых придется работать устраиваемым сооружениям, и вырабатывавший свою оригинальную технику. Очень многое в ней, конечно, давно устарело. Но нельзя забывать того, что все установки того времени создавались людьми, в большинстве случаев знающими местные условия, пользовавшимися исключительно местными строительными материалами и располагавшими чрезвычайно несложным! оборудованием.

История дает нам поучительный пример того, как много можно сделать в деле развития строительства мелких гидросиловых установок при самых неблагоприятных условиях. Тем самым исторически определяются безграничные перспективы развития мелкого гидростроительства при самых благоприятных условиях, — на совершенно другой технической основе, — в СССР, сочетая самый передовой, новый опыт с использованием старого и создавая новые установки за счет максимальной мобилизации местной инициативы и наиболее полного использования местных строительных материалов и существующего на местах оборудования. Труды русских гидротехников XVIII в. дают достаточно много материалов, обосновывающих такой вывод. Критическое использование обширного, накопленного в прошлом, технического опыта, а вместе с тем и бережное использование сохранившихся гидротехнических сооружений того времени, будет наиболее достойной оценкой замечательных дел русских гидротехников XVIII в.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Гидросиловые установки в России до XVIII в.	7
§ 1. Гидросиловые установки в России до конца XVI в.	7
§ 2. Гидросиловые установки в России в XVII в.	11
Глава II. Гидросиловые установки в России XVIII в.	20
Глава III. Зарубежный опыт, известный русским гидротехникам XVIII в.	37
Глава IV. Горнозаводские плотинные гидросиловые установки в России в первой половине XVIII в.	51
Глава V. Горнозаводские плотинные гидросиловые установки в России во второй половине XVIII в.	60
Глава VI. Деривационные гидросиловые установки в России XVIII в.	81
§ 1. Вводные замечания	81
§ 2. Гидросиловые установки Змеиногорского рудника до 70-х гг. XVIII в.	84
§ 3. Алейский завод	90
§ 4. Локтевский завод	98
§ 5. Гавриловский завод	101
§ 6. Гидросиловая установка К. Д. Фролова на Змеиногорском руднике	104
§ 7. Основные итоги строительства деривационных установок в России в XVIII в.	115
Глава VII. Техника сооружения плотин в России XVIII в.	117
§ 1. Кадры по постройке и эксплуатации плотин	117
§ 2. Инструменты, материалы и издержки	119
§ 3. О способе сооружения небольших плотин	122
§ 4. Заводские плотины первой половины XVIII в.	124
Екатеринбургская плотина	124
Плотина каменского завода	127
Колыванская плотина	129
§ 5. Плотины второй половины XVIII в.	134
Боткинская плотина	134
Златоустовская плотина	139
Сланевые плотины	147
Омская плотина	149
Змеиногорская плотина	152
§ 6. Основные принципы сооружения типичных заводских плотин, выработанные в России к началу XIX в.	159
§ 7. О повреждениях старых заводских плотин	177
§ 8. Общие итоги развития техники постройки плотин в России XVIII в.	185
Глава VIII. Водяные колеса в России XVIII в.	187
Глава IX. Основные особенности развития гидроэнергетики в России до начала XIX в.	199

Цена 8 р. 25 коп.