

30  
С 128 кр  
230778

**И. САВЕЛЬЕВ**

**АЛТАЙ—РОДИНА  
ВЫДАЮЩИХСЯ  
ИЗОБРЕТЕНИЙ**



**АЛТАЙКРАЙИЗДАТ**

Электронная библиотека АГУНБ, eib.agunb.ru

Электронная библиотека АКУНБ, elib.altlib.ru

230718

ОКР

3

04

Электронная библиотека АКУНБ, [elib.altlib.ru](http://elib.altlib.ru)

Электронная библиотека АКУНБ, [elib.altlib.ru](http://elib.altlib.ru)

30<sup>82)</sup>  
С 128 кр

Н. САВЕЛЬЕВ

АЛТАЙ—РОДИНА  
ВЫДАЮЩИХСЯ ИЗОБРЕТЕНИЙ

230718.

\*

АЛТАЙСКОЕ КРАЕВОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Барнаул, 1951

Электронная библиотека АКУМБ, elib.altlib.ru

30 А (2?) + 335

6 (182)

Электронная библиотека АКУНБ, elib.altlib.ru

ура  
льв  
реб  
Але  
при  
ли  
южн  
ря.  
пост  
ств  
дате  
щин  
С  
тель  
ные  
рудн  
стал  
товл  
вин  
ния.  
соед  
Сиб  
ска.  
Е  
дов:  
виль  
обра  
част  
расц

## ВЫДАЮЩИЕСЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ 18 ВЕКА

### ГОРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО НА АЛТАЕ В 18 ВЕКЕ

Начало горному производству на Алтае положил крупный уральский промышленник Акинфий Демидов. Он основал Колывано-Воскресенский медеплавильный и Барнаульский сереброплавильный заводы, заложил в бассейне рек Чарыша и Алея ряд рудников, наибольшую известность среди которых приобрёл Змеёвский (впоследствии Змеиногорский) рудник.

В 1747 году алтайские рудники и заводы А. Демидова были взяты в личную собственность царя. Огромная территория южной части Западной Сибири стала личным поместьем царя. Заводы вплоть до 1861 года пользовались трудом крепостных.

До 1761 года все работы, связанные с горным производством, выполняли крепостные барщинные крестьяне в счёт податей государству и помещику — царю. Горнозаводская барщина тяжёлым бременем лежала на крестьянах.

С 1761 года из среды барщинных крестьян были принудительно набраны так называемые «горные служители» («работные люди», мастера), обязанные пожизненно работать на рудниках и заводах. Остальная масса барщинных крестьян стала выполнять работы вспомогательного характера: заготавливать лес и древесный уголь, выполнять транспортную повинность, ремонтировать дороги, мосты, заводские сооружения. Барщина увеличилась в три раза. К поместью были присоединены Салаирские горы и вся равнинная часть Западной Сибири между р. Обью и р. Томь, от озера Чаны до г. Томска.

В 60-х годах 18 века началось строительство новых заводов: Павловского сереброплавильного и Сузунского медеплавильного, на котором чеканили медную монету и производили обработку медных изделий. В эти же годы была проведена частичная механизация на Змеиногорском руднике, а также расширено производство на Барнаульском заводе.

В 70-х годах 18 века были построены Томский железодельный и Алейский свинцовоплавильный заводы.

В 80-х годах строится на Алее Локтевский завод, который, помимо выплавки серебра, изготовлял из алтайских поделочных камней декоративные вазы, камины, колонны.

В эти же годы усиленная разведка рудных месторождений открыла Зыряновское и Риддерское полиметаллические месторождения, Ревневский и Каргонский выходы поделочных камней. Началась механизация работ на Змеиногорском руднике, продолжавшаяся и в 90-е годы 18 века.

В 90-х годах 18 века на базе открытого в 80-х годах Саларского месторождения строится Гавриловский сереброплавильный завод, проводится механизация работ на основных рудниках Змеиногорской группы и частичная реконструкция заводских механизмов.

На протяжении 18 века основной отраслью горнозаводской промышленности Алтая являлась добыча серебра. Выплавка меди занимала второстепенное место.

Начиная с 70-х годов, на заводах начали выплавлять чугун, но чёрная металлургия не получила большого размаха, так как она работала исключительно для удовлетворения внутренних потребностей Алтайского горного округа в чёрных металлах — чугуне, железе, стали. Заводы и рудники имели собственные лесопилки, кузницы, мельницы, столярные мастерские. Барнаульский завод, кроме того, располагал кирпичным, кожевенным и стекольным заводами.

На территории Округа производилась ломка камня (бутового, горнового, плитного). Для выплавки чугуна, варки стали, плавки медных и серебряных руд применялись «флюсы» — обожжённая известь и соли, которые, обычно, добывались вблизи заводов.

Плавильные операции осуществлялись в основном на древесном угле. Лишь на Томском заводе в небольших размерах применялся каменный уголь. Выжиг угля из сосновых и берёзовых дров являлся трудоёмкой работой.

При очистке серебра использовался свинец. Колывано-Воскресенские заводы на протяжении 18 века получали свинец из Нерчинска. Для взрывных работ при добыче руды из твёрдых пород заводы получали порох из Москвы, Петербурга и Тобольска. Москва и Петербург поставляли для алтайских заводов точные инструменты, медикаменты, химикаты, текстильные товары. Часть продуктов и заводского оборудования заводы покупали на Ирбитской ярмарке (Урал); до 70-х годов с уральских заводов на Алтай доставлялись все изделия из железа, чугуна и стали.

В 18 веке принудительный характер труда и слабое техническое оснащение рудников и заводов делали труд мастеров



вых и приписных крестьян особенно тяжёлым и изнурительным. Вся «механизация» добычи руды сводилась в первую половину 18 века к использованию пороха для взрывных работ на твёрдых породах. Размельчённая при взрыве и добыче кайлами руда грузилась в тачки или «собаки» — деревянные, окованные железом ящики. Затем руду откатывали из забоев к ближайшим шахтным стволам, откуда ручными воротами («гаспилями») её поднимали в бадьях на поверхность.

Для откачки грунтовых вод на рудниках применялись водяные насосы, установленные на разных горизонтах. Воду постепенно поднимали с одного горизонта на другой, а с верхнего горизонта её направляли по желобам через особую штольно на поверхность земли.

Тяжёлым был труд по обработке руды. Её дробили ручными молотками, затем сортировали.

После этой предварительной сортировки руда поступала на рудообогатительные фабрики («похверки»). На этих фабриках были механизированы только операции по превращению руды в порошок. Рудная масса промывалась проточной водой, после чего отправлялась на завод для плавки.

Таким образом, добыча руды в основном производилась вручную.

Во второй половине 18 века на Змеиногорском руднике были усовершенствованы подъём руды и воды, значительно улучшены процессы промывки и обогащения руды. Однако на остальных рудниках Кольвано-Воскресенских заводов процесс производства не изменился.

На заводах уровень техники был относительно выше, чем на рудниках. На заводах были механизированы воздушное дутьё при плавке, дробление руды, доставленной на заводы не с обогатительных фабрик.

Алтай первым в России перешёл на деривационные гидротехнические сооружения, строительство которых началось по инициативе И. И. Ползунова.

В конце 18 века произошла своеобразная специализация заводов. На ближайших к рудникам заводах руда подвергалась только первоначальному обжигу. Отсюда для окончательной плавки и очистки она направлялась на Барнаульский и Павловский заводы. К числу заводов, обогащавших руду, относились Локтевский в районе Змеиногорской группы и Гавриловский в районе Салаирской группы рудников.

Специализация заводов на процессах плавки была вызвана необходимостью сократить встречные перевозки свинца и других продуктов, применявшихся при очистке серебра.

Кольвано-Воскресенские заводы выпускали чистое серебро в слитках. Поэтому только вспомогательные заводы — Сузунский и Томский — имели примитивные токарные станки и меха-

низированные молоты для плющения металла. Остальные заводы, кроме ручных кузниц, никаких металлообрабатывающих механизмов не имели.

Кабинет, руководивший горным производством из Петербурга, и управлявшая на месте заводами и рудниками Канцелярия Кольвано-Воскресенского горного начальства не интересовались развитием чёрной металлургии и обработки металлов. Всё их внимание было сосредоточено на увеличении выплавки серебра и добычи золота.

На протяжении 18 века выплавка серебра на заводах Алтая выросла до 1000 пудов в год. Этот рост был неравномерным — иногда (например, в 70—80 гг. 18 века) выплавка серебра катастрофически падала. Годы подъёма выплавки серебра (1760—1772 гг.) сменялись упадком, а затем новым подъёмом. Основной причиной этой неравномерности следует считать слабую механизацию рудничных работ и отсутствие механизации транспорта.

Разбросанность заводов, их удалённость от рудников, слабое развитие вспомогательного производства, незаконченность производственного цикла увеличивали потребность в транспорте.

В начале 18 века для перевозок частично использовалось сплавленное судоходство. Во второй половине 18 века реки, в результате хищнического истребления лесов, обмелели. Кроме того, отдалённость пристаней от рудников делала неудобными водные перевозки. В то же время выросла барщина, по которой крестьяне обязаны были обслуживать рудники и заводы своим транспортом. Всё это привело к тому, что гужевой транспорт стал единственным средством связи как между предприятиями Алтая, так и между Кольвано-Воскресенскими заводами и другими районами страны.

Крепостной труд, однако, был лишь относительно дешёв. Конный транспорт требовал огромных расходов даже по заниженным расценкам барщины. Гужевая повинность оказывала пагубное действие на хозяйство крестьян, отрывая их от земледелия. Особенно тяжёлой была работа, связанная с перевозкой древесного угля на заводы.

Административным центром горной промышленности на Алтае являлся Барнаульский завод. Местом нахождения администрации всех рудников являлся Змеиногорский рудник. Не случайно именно эти два основных промышленных объекта вышли в разряд главных. Змеиногорский рудник давал по существу более 75 процентов руды для всех заводов, а Барнаульский завод был расположен на удачном месте, с огромными лесными массивами и удобными подъездными путями от всех основных промышленных районов.

Кабинет пытался в 1779 году перенести административный

центр из Барнаула в острог Чаусский, переименованный в этом году в Колывань по имени области, выделенной из губернии, и составлявший территорию Колывано-Воскресенских заводов. Но жизнь опрокинула эти намерения. Хотя Колывань (б. Чаусский острог) вырос в город, но он не мог заменить Барнаула, как центра, откуда легко было осуществлять контроль и руководство рудниками и заводами Алтая.

Барнаул и Змеиногорск являлись центрами подготовки кадров для Колывано-Воскресенских заводов и подлинной школой русской техники. Только истощение Змеиногорского месторождения из-за хищнической эксплуатации его богатств привело к тому, что Змеиногорский рудник в середине 19 века отстал в своём развитии от Барнаула. Все остальные рудники и заводы на Алтае оставались на положении рабочих посёлков и превратились в дальнейшем в деревни или, в лучшем случае, в крупные сёла.

В Барнауле в 1752 году было основано первое на Алтае училище для подготовки мастеровых и мастеров. В конце 18 века в Барнауле было открыто первое в Западной Сибири средне-техническое училище («Горное училище»). В 60-х годах 18 века в Барнауле открылась первая на Алтае библиотека. Эти культурные учреждения, несмотря на консервативную политику Кабинета, способствовали выдвижению многих новаторов техники из среды крепостных мастеровых и солдат.

В деле подготовки кадров Барнаул был тесно связан со Змеиногорским рудником. В летний период школьники из Барнаула работали на Змеиногорском руднике, знакомясь на практике с сортировкой руды, с механизмами для подъёма воды и руды. Не случайно Змеиногорский рудник стал образцом для механизации горного дела на Алтае, так как на молодое поколение будущих механизаторов его машины, созданные К. Д. Фроловым, производили неизгладимое впечатление.

В 18 веке на Алтае было мало школ, и большинство детей не получали образования. Особенно низкой была прослойка грамотных среди крестьян. Барщина не требовала специальных знаний, и потому на протяжении 18 века Кабинет не открыл ни одной школы для крестьянских детей. Те немногие школы, которые существовали в то время, были открыты Кабинетом не для просвещения народа, а для подготовки мастеров, в которых нуждались рудники и заводы. Русские грамотные мастера стоили Кабинету значительно дешевле, чем мастера, выписанные из-за границы.

Учителями и руководителями школ на Алтае в 18 веке являлись многие выдающиеся деятели науки и техники: основатель Горного училища — В. В. Петров, позднее академик и крупный изобретатель в области электричества, П. К. Фролов — выдающийся деятель в области техники и культуры.

Большую роль в подготовке кадров играла в 18 веке библиотека Барнаула. На её книгах воспитались все инженеры Алтая, вышедшие из среды крепостных.

В 18 веке в России не было высшей школы для подготовки инженеров. — горных, металлургов, строителей, механиков. В 80-х годах начало действовать в Петербурге Горное училище с повышенной программой, выпускавшее специалистов широкого профиля. Однако таких специалистов хватало для удовлетворения запросов одних Кольвано-Воскресенских заводов, не говоря уже о всей промышленности России. Недостаток специалистов покрывался путём найма инженеров за границей, а также выдвижения мастеров и младших горных техников.

Кабинет считал, что лучшими кадрами являются иностранные специалисты, главным образом, саксонцы. Но дороговизна этих кадров, а, главное, их незнание техники, применяемой на Алтайских заводах, вынуждали Кабинет прибегать к помощи русских практиков — инженеров из мастеровых. Эти кадры Кабинет ставил в приниженное положение, старался как можно медленнее продвигать их по служебной лестнице, считал их теоретически неграмотными.

Но в действительности многие практики-инженеры, вышедшие из крепостного сословия, являлись высокообразованными, культурными людьми, новаторами производства. Они прошли тяжёлую школу подневольного труда, и потому стремились облегчить участь горных служителей, барщинных крестьян и солдат.

Сословие мастеровых, образованное из барщинных крестьян, было поставлено в особо тяжёлые условия. Мастерские не имели права переходить с работы на работу без разрешения Кабинета. Их часто перебрасывали с одного завода на другой. С заводской работы многие попадали на рудники или лесозаготовки. Лишь немногим мастеровым удавалось дослужиться до горного офицера.

Мастеровой начинал службу с 8-летнего возраста и служил пожизненно. Только тяжёлая неизлечимая болезнь, полная инвалидность и глубокая старость освобождали мастеровых от службы. Однако старики и инвалиды часто работали сортировщиками руды, сторожами, коногонами.

Антисанитарные условия труда, работа по колено в холодной воде в рудниках, на сквозняках в кузницах и плавильнях, быстро выводили людей из строя, а отсутствие квалифицированной медицинской помощи приводило к большой смертности. Горное начальство не проявляло заботы об охране труда. Большая смертность среди мастеровых не смущала руководителей заводов. Недостаток в мастеровых пополнялся за счёт новых наборов из барщинных крестьян.

Барщинные крестьяне несли тройной гнёт: как государственные (казённые) крестьяне они вносили подати и исполняли повинности государству, как помещичьи крестьяне в счёт подати помещику-царю несли бремя горнозаводской барщины и, кроме того, они попадали в кабалу к многочисленному начальству (земским управителям, старшинам, старостам, горным чиновникам) и кулакам.

Во второй половине 18 века возникла подрядная форма отработки барщины. Подрядчики (богатые крестьяне, горные чиновники) за высокую плату брали на себя выполнение барщины на рудниках и заводах, используя для выполнения подряда бедноту.

Побег в горы, сопряжённый с риском и тяжёлым наказанием в случае поимки, был для мастеровых и крестьян единственной формой освобождения от крепостного состояния. Некоторые из них ложно возводили на себя обвинения в преступлении, чтобы ценою каторги избавиться от участи крепостного в имении царя. Поэтому цель, которую ставили перед собою новаторы техники на Алтае — облегчить труд людей, — показывает великий гуманизм выдающихся русских изобретателей.

## НАЧАЛО ТВОРЧЕСТВА И. И. ПОЛЗУНОВА

Во второй половине 18 века промышленность Англии начала переходить к машинному (фабричному) производству. Этот процесс получил название промышленного переворота (промышленной революции). В 18 веке английская буржуазия обладала, в результате развития капиталистических отношений в деревне, весьма ёмким внутренним рынком и обширными колониями, которые также предъявляли большой спрос на промышленные изделия. Однако во второй половине 18 века промышленность Англии, основанная на ручном способе производства, была уже не в состоянии удовлетворять возросшие потребности рынка.

«Можно сказать, что до 1825 года — времени первого всеобщего кризиса — нужды потребления вообще возрастали быстрее, нежели производство, и что развитие машин часто обуславливалось расширявшимися нуждами рынка». (Письмо К. Маркса П. В. Анненкову. Соч., том. 5, стр. 287).

Необходимость расширения производства вызвала к жизни ряд изобретений в рабочей части машины или в её исполнительном механизме, «который, получив соответственное движение, совершает своими орудиями те самые операции, которые раньше рабочий совершал подобными же орудиями». (Маркс, Капитал, т. I, стр. 302, изд. 1936 г.). Первую такую

рабочую машину, механическую прялку «Дженни», изобрёл в 1767 году ткач Джемс Харгривс. Она одновременно вытягивала 16 нитей и, тем самым, увеличивала производительность труда ткача.

В 1769 году Аркрайт изобрёл прядильную машину, приводившуюся в движение водяным колесом (отсюда её название «ватерная машина»). «Величайший вор чужих изобретений», как его назвал Маркс, Аркрайт, по профессии цирюльник, присвоил себе модель машины у часовщика Кэя, который, в свою очередь, позаимствовал её у некоего Хайса. Мануфактура Аркрайта стала первой в Англии капиталистической фабрикой.

Вслед за изобретением машин в текстильном производстве, появляются станки и в других отраслях промышленности. Производство машин увеличило спрос на металл. Развитие металлургии в Англии тормозилось из-за недостатка леса, служившего топливом для заводов. В конце 18 века в Англии научились превращать каменный уголь в кокс, применение которого ускорило процесс плавки в доменных печах.

Рост машинной индустрии потребовал создания мощного универсального двигателя. Первоначально таким двигателем служило водяное колесо. Фабрики и строились поэтому возле рек и по берегам каналов, по которым доставлялся уголь для металлургической и металлообрабатывающей промышленности. Рост каменноугольной промышленности вызывал потребность в механизации откачки грунтовой воды из подземных выработок. В начале 18 века английский кузнец Ньюкомен изобрёл «огненную машину», которая приводила в действие насосы.

Но огненные машины не являлись универсальными двигателями. Через некоторое время применение машин Ньюкомена расширяется — их используют для того, чтобы передавать движение водоналивным колёсам.

В 1769 году английский механик Уатт взял патент на паровую машину, представлявшую собою изменённую машину Ньюкомена. Через 15 лет Уатт изобретает паровую машину двойного действия, способную стать универсальным двигателем. Но и в этот период Уатт не считает возможным полностью заменить паровыми машинами старый универсальный двигатель — водоналивное колесо.

Россия поздно вступила на путь капиталистического развития. В то время, когда Англия осуществляла промышленный переворот, Россия была феодально-крепостнической страной. Крепостной труд не исключал развития промышленности — в 18 веке в России было много промышленных предприятий, причём, наряду с государственной промышленностью, существовала и частная.

Крепостные мануфактуры России принимали огромные размеры. Одной из крупнейших крепостных мануфактур являлись Колывано-Воскресенские заводы, принадлежавшие царю. Как ни мал был уровень механизации крепостных мануфактур, всё же и здесь машины определяли рост производства, и поэтому владельцы мануфактур вынуждены были совершенствовать технику производства.

Если на Западе повышение производительности труда достигалось путём механизации, то в России эту проблему решали за счёт увеличения численности крепостных, занятых в производстве. Владельцы мануфактур прибегали к механизации лишь тогда, когда без неё невозможно было продолжать работу. Новаторами техники в России выступали преимущественно мастера, вышедшие из крепостных.

Особого внимания заслуживает проект шихтмейстера Барнаульского завода Ивана Ивановича Ползунова, составленный в 1763 году. Этот проект намечал подлинную революцию в производстве и, вместе с тем, являлся программой дальнейшего творчества в области техники для ряда поколений русских изобретателей.

Основу проекта И. И. Ползунова составляли три элемента. Первый из них — строительство заводов «при самых рудниках». Второй — постройка заводов «в любом безводном месте» и третий — создание нового типа двигателя, способного «по воле нашей, что будет потребно, исправлять». Эти элементы, вместе взятые, открывали новую эпоху в истории промышленности.

Постройку заводов близ рудников Ползунов предлагал для сокращения расходов на транспортировку грузов. Но, говоря об экономии средств, Ползунов указывал и на «народную тягость» транспортировки грузов. Он видел нескончаемые обозы, которые возили руду и уголь из Змеиногогорска на Барнаульский завод. Эти перевозки непосильным бременем ложились на плечи «приписных» (государевых) крестьян.

Ползунов предлагал отказаться от строительства заводов на реках. Он считал нужным «пресечь водяное руководство», то есть устранить какую бы то ни было зависимость завода от наличия реки, удобной для запруд. Это был отказ от использования водяных колёс в качестве двигателей. И снова Ползунов упоминает при этом об «умираемом безвозвратно при строении плотины с её прибором расходу» и о потеряном труде в случае необходимости перевода завода на другое место.

Ползунов прекрасно понимал, что водяные колёса пока что являются универсальными двигателями, что, отказавшись от их использования, нужно будет найти другой универсальный двигатель. Впервые в мире он указывает, что все отмеченные

ним недостатки в организации производства можно ликвидировать «способом огня, действующего механикою».

«Огненная машина» — вот что может, по мысли Ползунова, заменить водяное колесо. Но не та «огненная машина», которую использовали в Англии, а та, которую нужно будет «учредить так, чтобы она была способна все необходимые тяжести... носить, и, по воле нашей, что будет потребно исправлять».

«Огненная машина» должна быть универсальной, и только в этом случае её можно будет принять вместо плотины «за движимое основание завода». Мысль об универсальности теплового двигателя высказана Ползуновым с предельной ясностью.

Идея Ползунова была сформулирована Уаттом лишь в 1784 году, то есть спустя 21 год после проекта И. И. Ползунова. Но Уатт, создавая свой универсальный двигатель, не интересовался самой организацией производства, не ставил перед собою тех задач, которые волновали русского изобретателя И. И. Ползунова.

И. И. Ползунов предлагал произвести переворот в организации производства в целях улучшения условий труда людей. Ползунов указывал на общественное значение этого переворота, говоря, что начатое им дело «светом вождельное» (ожидаемое всеми людьми). Он считал, что оставить без применения его проект — значит пойти против интересов общества.

Проект Ползунова оставлял далеко позади изобретение Уатта и по широте технических замыслов. Уатт превратил в «огненной машине» пар из вспомогательного вещества в рабочее, и даже не ставил перед собою задачи — создать двигатель нового типа.

Ползунов стремился «все возможные труды и силы на то устремить, коим бы образом огонь слугою к машинам склонить». Не называя свою машину паровой и употребляя часто термин «огонь» в смысле «теплота» (точнее тепловая энергия), Ползунов тем самым имел в виду универсальный тепловой двигатель, который должен был стать основой новой энергетики. В наши дни известны многие типы универсальных тепловых двигателей: паровые машины, двигатели внутреннего сгорания, дизели, реактивные двигатели, турбины. Двигатель, предложенный Ползуновым, был родоначальником всех этих двигателей, поскольку он был первым в мире универсальным тепловым двигателем.

И. И. Ползунов не останавливался на конструкции двигателя, приложенной к проекту, а предполагал в дальнейшем усовершенствовать этот двигатель. Он указывал, что при практическом осуществлении проекта возможны «перемены, которые выше ума в самом деле (т. е. при постройке опытного двигателя — Н. С.) найдутся».



Ползунов был уверен в том, что «всё трудами приобрести можно» и не боялся этих трудов. Справедливо считая себя «новых и полезных дел начинателем», он не думал сразу осуществить грандиозную задачу, выдвинутую им в проекте, и намечал стадии её осуществления. Первой стадией должно было стать строительство опытной машины небольшого размера, «всего на одну серебро плавящую печь». Опытная установка не должна отличаться от установки «при большом заводе». Строить опытную установку он предлагал для «навычки мастеров», определения силы и «пропорции» машины и наблюдений «как то исправлять и отвращать должно». Он указывал, что такая очерёдность будет способствовать экономии средств при большом строительстве.

Далеко не случайно опытная установка проектировалась, как двигатель для заводской воздуходувной установки, так как эти установки в то время являлись основными машинами, требующими мощного двигателя. Только после постройки такого двигателя, приспособленного для производственных целей, можно было приступить к конструированию теплового двигателя для любых машин.

Ползунов знал, что в случае удачи, «если силы допустят», его проект даст возможность «славы Отечеству достигнуть».

Но, помимо славы отечеству, он хотел также новое изобретение «во всенародную пользу... в обычай ввести». Именно это он считал причиной будущей славы отечества. Ползунов считал, что новый универсальный тепловой двигатель явится крупным вкладом в науку, он даст возможность получить «больше познания о употреблении вещей, поныне не весьма знакомых».

Кроме того, новый двигатель внесёт серьезные изменения в организацию производства, «тем самым облегчая труд по нас грядущим».

Почему же именно на Алтае возник этот проект?

Ползунов, родившись в семье солдата горной роты Екатеринбургского завода, работал шесть лет на уральских заводах и сравнил их производство с производством на Алтае. По литературе он изучил условия производства на Западе. Это позволило ему найти основные недостатки в горной промышленности и наметить пути их преодоления.

На Урале он видел, что рудники, заводы и лесные массивы расположены на близком расстоянии друг от друга. Это способствовало быстрому росту уральской промышленности. Ползунов пришёл к выводу, что горное производство будет наиболее рациональным, «когда изобилие руд имеет довольные в близости же леса и удобные к заводам места». Действительно, запас руды определял размеры производства. Запасы леса давали возможность заводу работать длительный период, так

как плавка руды производилась на древесном угле. Близость завода к лесу и руднику облегчала доставку руды и угля и уменьшала транспортные расходы.

Но такое сочетание не всегда имело место в действительности. Так, например, на Алтае вблизи рудников было немало удобных для постройки заводов речек, однако леса находились на огромном расстоянии от таких рек. Поэтому рудники находились в предгорьях Алтая, а заводы пришлось строить на притоках Оби, на расстоянии до 300 км от рудников. В Нерчинске леса находились около рудников, но рек, удобных для строительства заводов, там не было.

Если бы Ползунов работал только на Урале, вряд ли он смог бы понять, что вынужденная необходимость строительства заводов на реках служит помехой в развитии промышленности, делает зачастую горное производство нерентабельным, заставляет расходовать огромный труд на транспортировку грузов. Одни теоретические познания вряд ли помогли бы ему прийти к выводу о недостатках гидросиловых установок, которые требовали огромных плотин. Автор книги о горном производстве, познакомившей Ползунова с Нерчинскими заводами, — Шлаттер не видел этих недостатков, хотя ему теоретически были известны условия работы всех заводов России 18 века.

Работа на Урале и Алтае показала И. И. Ползунову необходимость отказаться от гидросиловых установок. Но мировая практика знала, помимо водяного колеса, лишь ветряные мельницы, которые не могли служить двигателями для металлургических предприятий. Из той же книги Шлаттера «Обстоятельное наставление рудному делу» Ползунов узнал об «огненных машинах» — двигателях узкого назначения. Автор книги, как и все учёные того времени, считал, что «огненная машина» пригодна лишь поднимать воду «из глубоких рудных ям». И в этой машине Ползунов увидел новый тип двигателя, способный внести переворот в производство. Книга Шлаттера познакомила Ползунова с конструкцией «огненной машины», которую он не видел на практике. Ползунов решил превратить эту машину в универсальный двигатель для всеобщего применения в промышленности.

Но что дало возможность предвидеть Ползунову в «огненной машине» будущий универсальный двигатель, наметить его конструкцию, сделать расчёты, отсутствовавшие у Шлаттера? Это сделала передовая прогрессивная теория теплоты, к которой обращался Ползунов, чтобы понять принципы работы «огненной машины».

Автором этой теории был выдающийся русский учёный М. В. Ломоносов. Он изложил её в ряде трудов. Как теперь установлено, Ползунов имел в своей личной библиотеке труды

Ломоносова «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее» и «Вольфианская экспериментальная физика».

Считая теплоту формой движения мельчайших частиц, составляющих тела, высказывая мысль, что теплота является причиной не только внутренних, но и внешних движений тел и их частей, Ломоносов дал прекрасное описание свойств воды, пара, воздуха и тепловых явлений, доказывая справедливость своей теории яркими примерами из обыденной жизни и простыми опытами.

Ломоносов высказывал мысль, что теплота может вызывать механическое движение. Ползунов решил эту новую форму энергии поставить на службу производству. Все опыты и основные расчёты, связанные с конструкцией своего двигателя, Ползунов почерпнул из физики Ломоносова.

Ломоносов воспитал в нём патриотизм и уважение к науке. Любовь к людям, уважение к труду, заботу об облегчении труда людей воспитали у Ползунова уральские и алтайские мастеровые и крепостные крестьяне, среди которых он провёл свою жизнь.

Однако в крепостной России не было подходящих условий для осуществления проекта Ползунова в задуманных им масштабах. Кабинет не испытывал необходимости в переходе к новой энергетической базе, предложенной Ползуновым. Строительство тепловых двигателей требовало высокого развития металлообрабатывающей промышленности. Кабинет не имел металлообрабатывающих заводов и не стремился к усовершенствованию энергетики своих предприятий.

У руководства горным производством в казённом ведомстве и Кабинете было много иностранцев, не считавших нужным развивать горное производство на базе машинной индустрии. Дешевизна крепостного труда тормозила процесс механизации производства, а царизм стремился утвердить неизбежность крепостного строя в России.

Поэтому к проекту Ползунова правящие круги не проявили большого интереса и не создали изобретателю условий для продолжения опытов. Работа в тяжёлых условиях и материальные невзгоды привели Ползунова к преждевременной смерти. Вскоре после смерти Ползунова был сломан и построенный им двигатель. Однако его замыслы уже в 18 столетии были частично осуществлены на Колывано-Воскресенских, Нерчинских и Уральских заводах.

Начиная с 70-х годов 18 века, заводы на Алтае стали строиться ближе к рудникам и, наконец, в начале 19 века в Змеиногорске был построен первый завод на Алтае, расположенный на руднике. Но, приближая заводы к рудникам, Ка-

бинет не считал необходимым оснащать их тепловыми двигателями.

На Нерчинских и Уральских заводах уже в 18 веке начали строить паровые машины. Но они предназначались для механизации отлива воды из рудников. Эти машины строили дети мастеровых Барнаульского завода, знакомые с двигателем Ползунова.

Проект двигателя хранился в архиве Колывано-Воскресенских заводов, но на руках у многих горных офицеров были списки с него и копии чертежа. Это давало возможность многим новаторам знакомиться с идеями, выдвинутыми Ползуновым.

Значительна роль проекта И. И. Ползунова в истории русской техники. Он установил приоритет нашей страны в создании универсальных тепловых двигателей, дал анализ недостатков горного производства, положил начало строительству первого в мире универсального заводского теплового двигателя. Проект И. И. Ползунова — свидетельство высокой зрелости русской науки середины 18 века.

## ПЕРВЫЙ В МИРЕ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ

В приложенном к проекту «Описании огнедействующей машины», составленном в 1763 году, Ползунов разработал теорию тепловых двигателей нового типа. «Описание» содержит пояснение свойств воздуха, воды, пара и заканчивается разделом, названным Ползуновым, «О теплоте». Ползунов, цитируя выдержки из трудов Ломоносова, подтверждает правильность его теории теплоты.

Ползунов останавливается на тех свойствах воздуха, которые влияют на расчёты действия двигателя. Он указывает величину атмосферного давления, выражая его столбом воды; отмечает свойство воздуха расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении. Описывая свойства воды, он значительное место отводит её пористости и способности превращаться в пар, имеющий большое давление. Свойства пара конденсироваться при определённой температуре, образовываться из воды также при определённой «степени теплоты», способность пара находиться в «равновесии» с воздухом — таковы особенности этого состояния воды, которые отмечал Ползунов.

Ползунов приписывал свойства упругости не пару, а воздуху, который имеется в порах воды. Следовательно, не пар, а воздух считал Ползунов источником силы и носителем тепловой энергии. Сам же пар, по его мнению, это — водяные пузырьки, растянутые воздухом, получившим большую силу

при нагревании. Так утверждала наука, так думал и Ломоносов. Вот почему не пар, а воздух был поставлен первым «членом» машины.

Двигатель Ползунова состоял из таких основных частей: паровой котёл, рабочие цилиндры с поршнями, бассейн с холодной водой для конденсации пара. Водяной пар из котла поступал под поршень одного из рабочих цилиндров. Этим выравнивалось давление под поршнем с давлением атмосферного воздуха. Давление пара лишь незначительно превышало давление атмосферного воздуха. Поршни в цилиндре были соединены цепями и при подъёме одного поршня второй опускался.

Когда поршень достигал верхнего положения, доступ пара автоматически прекращался и внутрь цилиндра вбрызгивалась холодная вода. Пар конденсировался и под поршнем образовывался вакуум (разрежённое пространство). Силою атмосферного давления поршень опускался в нижнее положение и тянул за собою поршень во втором рабочем цилиндре, куда для уравнивания давления впускался пар из того же котла автоматом, действующим от передаточного механизма двигателя.

Тот факт, что поршни с системой передачи движения были связаны цепями, показывает, что при подъёме поршней по цепи нельзя было передать движения (цепь при этом не натянута). Работали все части двигателя за счёт энергии опускающегося поршня, т. е. того поршня, который двигался под действием атмосферного давления. Пар не производил полезной работы в двигателе. Величина этой работы зависела от затраты тепловой энергии на протяжении всего цикла. Количество затраченной тепловой энергии выражало собою величину потенциальной энергии каждого из поршней. Это — сдвоенный паро-атмосферный цикл.

Ползунов отчётливо представлял принцип работы теплового двигателя. Это видно на примерах, которыми он характеризовал условия наилучшей работы изобретённого им двигателя. Зависимость работы двигателя от величины температуры воды, конденсирующей пар, он определял следующими словами: «действие эмволов и их подъёмы и спуски тем сделаются выше, чем в фанталах будет вода холоднее, а паче от такой, которая близ пункта замерзания доходит, а ещё не сгустеет и от того во всём движении многую подаст способность».

Это положение, известное ныне в термодинамике в качестве частного случая одного из основных её законов, до Ползунова ещё не было сформулировано. Чтобы понять его значение, переведём слова Ползунова на современный нам язык: работа теплового двигателя будет тем большей, чем ниже бу-

дет температура воды, конденсирующей пар, а особенно при достижении ею точки затвердевания воды (нуля градусов по Цельсию).

В 20-х годах 19 века учёный Карно сформулировал этот закон так: величина работы в цилиндре двигателя прямо пропорциональна разности между температурой пара в котле и температурой в конденсаторе. Ползунов ещё не знал, что в котле у пара может быть разная температура, и потому его правило было лишь частью положения, признанного в 19 веке законом.

Разность температур («степеней теплоты», как именовал температуру Ползунов) определяла наилучшие условия работы двигателя. Но Ползунов не относил эти условия к пару, и потому не называл своего двигателя паровым ни в одном своём документе.

Одной из причин потери «силы» в рабочем цилиндре двигателя Ползунов считал недостаточную степень вакуума под поршнем. Он указывал, что при действии двигателя «под эмволом (поршнем — Н. С.) в цилиндрах будет воздуха стоять (и) снизу противиться не мало и знатную часть силы отнимать у эмвола... что теорию без опыта определять не надёжно». Для удаления этого вредного воздуха он предлагал делать особые трубы с клапанами.

При расчёте «силы» двигателя Ползунов исходил из величины атмосферного давления воздуха, так как это давление определяло величину полезной работы. «Огненная машина» Ползунова была по своему типу подобна известной до него машине Ньюкомена, но имела ряд существенных отличий.

Машина Ньюкомена была одноцилиндровой, и потому в её цилиндре чередовался рабочий ход поршня с холостым. Машина приводила в движение все свои части только при опускании поршня. Двигатель Ползунова совершал полезную работу непрерывно, так как он имел два цилиндра, и в каждый данный момент в одном из них опускался поршень. Непрерывность полезной работы и делала двигатель Ползунова универсальным, т. е. пригодным для любых целей. Это было самым главным отличием двигателя Ползунова от английской «огненной машины».

Машина Ньюкомена передавала движение поршню насоса посредством рычага (балансира). Для обратного движения этого рычага во время холостого хода Ньюкомен вынужден был привесить к нему противовес, поглощавший часть энергии во время рабочего хода. Ползунов изобрёл оригинальную систему передач, состоявшую из ряда шкивов. Это был образ трансмиссионной передачи, получившей большое распространение в 19 веке и применяющейся в наши дни.

В машине Ньюкомена регулятор подачи воды и пара в цилиндр представлял сложную систему рычагов. Ползунов решил эту задачу компактной системой зубчатых колёс с рукояткой и двумя «вилчатыми» брусками для перемены направления движения рукоятки. Эта система была прочнее и надёжнее рычажного регулятора.

Двигатель Ползунова в его проекте 1763 года предназначался для подачи воздуха в плавильные печи воздуходувными мехами. Одновременно с этим он приводил в действие поршни водяных насосов, подающих воду в верхний бассейн для питания «фонтанов» внутри цилиндров в момент конденсации пара. Таким образом, двигатель одновременно мог приводить в действие два разных механизма — водяные насосы и воздуходувные мехи, чего не делала до него ни одна машина в мире. Кроме того, он мог приводить в действие молоты, рудодробилки и многие другие заводские и рудничные механизмы. При желании двигатель легко мог совершать вращательные движения с помощью широко известного в России кривошипного механизма.

Проект Ползунова был рассмотрен канцелярией Колывано-Воскресенских заводов и получил высокую оценку со стороны начальника заводов А. И. Порошина. Порошин указывал, что если Ползунов возьмётся сделать машину, годную для обслуживания нескольких печей сразу, если он построит машину, пригодную для выливки воды из рудников, то Канцелярия охотно поддержит его замыслы. Окончательное решение этого вопроса оставалось за Кабинетом и хозяйкой заводов — Екатериной II. Проект был направлен в Петербург, но ответ Кабинета был получен в Барнауле только через год.

Пока Кабинет рассматривал проект двигателя, Ползунов, не теряя времени, работал над проектом второй очереди. Он конструировал мощный тепловой двигатель на 15 плавильных печей. Это была уже настоящая теплосиловая станция. Ползунов не просто увеличивал масштабы двигателя, а вносил в него ряд существенных изменений. Уже после того, как проект мощного двигателя был закончен, Ползунову стало известно, что Кабинет, ознакомившись с его первым проектом, присвоил ему звание механика и постановил выдать 400 рублей в награду, но никакого решения по существу вопроса не принял.

Несмотря на такую позицию Кабинета, начальник Колывано-Воскресенских заводов А. И. Порошин разрешил Ползунову приступить к исполнению первой очереди проекта. В марте 1764 года И. И. Ползунов предложил начать строительство большого теплового двигателя. Порошин согласился с этим предложением. Так на Барнаульском заводе началось строительство первой в мире универсальной теплосиловой установки.

Вся помощь Порошина выразилась в том, что он выделил в распоряжение Ползунова небольшое число рабочих, не имевших никаких навыков в строительстве машин. Порошин освободил Ползунова от другой работы и не торопил его с окончанием строительства. На один из вопросов Кабинета он отвечал: «К наискорейшему окончанию понудить Ползунова не можно, дабы не сделать помешательства, и человека, употребляющего все силы и душевные дарования, в отчаяние и конфузию привести (Канцелярия) отважиться не может».

Ползунов торопился сам. Двигатель рос со сказочной быстротой. Ползунов указал срок его окончания: «мыслью обносится, что около октября месяца сего года в готовность привести уповательно». Так он писал 20 мая 1765 года, когда уже были в основном отлиты и прошли токарную обработку до ста десяти частей двигателя, каждая весом от одного до ста семидесяти пудов.

Кто, кроме Ползунова, мог указать размеры всех этих частей, их взаимосвязь, наконец, способ их изготовления? Кругом были люди, в лучшем случае, узнавшие об «огненных машинах» из книги Шлаттера.

16(27) декабря Ползунов доложил, что двигатель испытан «опытами. Вместо меховой тягости навешиванием брёвен к движению машина приведена». Чертежи двигателя были составлены в декабре 1765 года и направлены в Кабинет. Они показывают, какие изменения внёс Ползунов в первоначальную конструкцию.

Двигатель был построен, как и проектировалось, двухцилиндровым. Но каждый поршень рабочего цилиндра был связан балансиром с поршнем своего водяного насоса и крышкою меха. От одного котла действовали два рабочих цилиндра с общей системой распределения воды и пара. Автомат-регулятор подачи воды и пара в цилиндры действовал от балансира главного цилиндра. Этот автомат работал исключительно чётко, имел оригинальное и простое устройство с зубчатой системой передачи к распределительным механизмам.

Котёл был снабжён автоматом для питания водой, поступавшей из рабочих цилиндров в нагретом состоянии. В систему передач входили цепи, конструкция которых была иной, чем в «огненных машинах» Запада. Это были стержневые цепи, сочленённые с шарнирными цепями в местах, где они облегли концы балансира.

На чертежах, составленных в декабре 1765 года, не показаны кирпичные своды под днищем котла, а также часть лестниц. В практике заводского строительства того времени зимой строительных работ не производилось. Между тем весной 1766 года Ползунов лежал в постели и не мог руководить строительными работами. Наличие сводов под котлом показы-



вает, что Ползунов внёс после декабря 1765 года это дополнение в конструкцию двигателя. Следовательно, он и зимою частично вёл строительные работы.

16 (27) мая 1766 года Ползунов скончался от скоротечной чахотки. Через 7 дней после его смерти двигатель начал работать. Котёл, вмещавший 16 тонн воды, подавал пар в огромные цилиндры, высотой около 3-х метров, диаметром в 0,8 м. Невиданные до того времени по своим размерам мехи подавали воздух в «10 или все 14 печей».

Только незначительные неполадки, независящие от Ползунова, мешали ритмичной работе двигателя. Первая — это быстрый износ кожаных прокладок вокруг поршней для их плотного прилегания к стенкам цилиндров. Этот недостаток был устранён применением пробковых прокладок. Вторая — недостаточная для действия двигателя подача воды насосами.

24 дня по приказанию Порошина лучшие специалисты Барнаульского завода пытались безуспешно устранить второй недостаток. Среди этих специалистов были иностранцы — Ган. Медер, русские — Кузнецов, Пятин и сам Порошин. Тогда Порошин вызвал из Змеиногорска выдающегося механика Козьму Дмитриевича Фролова.

10 дней присутствовал Фролов при испытании машины, предложив в первый же день заменить небольшие насосы обычными рудничными. Пока ученик Ползунова — Левзин ездил за насосами в Змеиногорск, К. Д. Фролов осмотрел механизм двигателя, после чего порекомендовал поставить дымовую трубу рядом со зданием, в котором установлена машина, то есть так, как это делается в наши дни на многих крупных теплосиловых установках, а также сделать ряд исправлений в деталях двигателя.

4 июля 1766 года двигатель начал работать и показал отличные результаты. Было решено испытать его на подаче воздуха одновременно в три плавильных печи.

Начиная с 4 августа 1766 года по 10 октября 1766 года двигатель обслуживал три плавильных печи. Остановка была вызвана прогоранием днища котла, о ненадёжности которого писал Ползунов ещё в декабре 1765 года.

Прекрасную оценку двигателю дал А. И. Порошин: «Оная машина, как к выливанию из глубоких горных работ, так и к подъёму на какую-либо высоту воды, а особливо к действию плавильных печей, где лесов довольно, а воды нет, весьма была бы способна, ибо, чрез действие оной машины, раздувание в плавильных печах жару, при искусном и радательном плавильщике, от непрерывного течения воздуха несравненно полезнее и к выплавке металлов поспешнее, нежели от вододействующих при плавильных печах машин». Это было признание универсального двигателя.

За время испытаний двигатель И. И. Ползунова не только оправдал все расходы, затраченные на его создание, но, даже при неполной нагрузке, принёс свыше 11 000 рублей прибыли.

Но А. И. Порошин тщетно добивался признания выдающегося изобретения. Он неоднократно входил с предложением о поделке нового котла на Уральских заводах, он направил действующую модель в Петербург, «чтобы сию полезную машину в России ввести в обычай и сложение её в лучшую знаемость». Кабинет и Екатерина II упорно молчали.

Когда Порошин ушёл в отставку, и пришедший вместо него к руководству Колывано-Воскресенскими заводами Ирман внёс предложение сломать двигатель Ползунова, Кабинет ответил быстро. Он разрешил сломать машину с такою только оговоркой, чтобы «Металловые члены выбрать и хранить на будущую иногда впредь надобность подобной махины в таком месте, где за недостатком воды с лучшею пользою употребление быть может».

Двигатель был уничтожен в 1780 году сменившим Ирмана Меллером. Части двигателя были разбросаны по берегу пруда Барнаульского завода и не сохранились до наших дней.

Ученики горнозаводского училища не раз бывали на «Ползуновском пепелище», как называли барнаульские мастеровые место строительства первого в мире теплового двигателя. Не случайно некоторые из них стали в дальнейшем изобретателями и строителями паровых машин в разных концах России.

Первый в мире универсальный тепловой двигатель вызвал интерес не только на Алтае и в Петербурге. Из далёкого Нерчинска запросили чертежи и механика, который мог бы построить такой же двигатель на Нерчинских заводах. Но только в 1792 году группа русских механиков-учеников из Барнаула выехала строить «огненную машину» на Нерчинских заводах.

Между тем в 70-х годах 18 века было начато строительство «огненной машины» системы Ньюкомена в Кронштадте силами специально нанятых английских механиков. Предприимчивые англичане привезли из-за океана даже кирпич и глину для строительства печи этой «чудо-машины», которая была неэкономичнее и хуже универсального двигателя, созданного в России.

Изобретения Ползунова установили приоритет нашей страны в создании первого в мире универсального теплового двигателя паро-атмосферного типа.

Ползунов построил первый в истории русской промышленности двигатель, состоящий в основном из металла. Он показал, что русские мастера могут высоко поднять уровень техники в родной стране.

Царизм отказался осуществить замыслы И. И. Ползунова.

Преклонение перед иноземной техникой, неверие в творческие силы русского народа, культивировавшиеся царизмом, в неадекватной степени способствовали тому, что до Великой Октябрьской социалистической революции имя Ползунова было незаслуженно забыто.

Но никогда не забудет советский народ героического подвига Ивана Ивановича Ползунова во имя облегчения труда грядущих поколений. «Муж, делающий истинную честь своему отечеству», как называли И. И. Ползунова его передовые современники, завоевал любовь и уважение советских патриотов.

## ПЕРВЫЙ В МИРЕ ЗАВОД-АВТОМАТ

Буржуазная техника прославила англичанина Аркрайта, считая его «пионером автоматизации» производства. Его фабрику со станками для прядения, построенную в 1771 году, считали первой в мире автоматизированной фабрикой. «Чудом техники» считали также прядильную машину Харгривса, построенную в 1765 году.

Между тем в России сын уральского мастерового, горный мастер Козьма Дмитриевич Фролов в 1760 году построил автоматически действующие рудообогатительные фабрики. В 1760 году на Уктусском заводе он создал рудопромывательную машину, «которая через контр пробы и многие опыты полезной оказалась паче тем, что способ был изыскан со уменьшением задолжания людей золото из руд удобней извлекать и руд несравненно больше промывать».

Машина К. Д. Фролова приводилась в действие водоналивным колесом и сократила на  $\frac{2}{3}$  число крепостных мастеровых, занятых на промывке руды. Прекрасные качества машины завоевали К. Д. Фролову славу по всей России. В 1762 году он закончил строительство такой же машины на Берёзовском руднике.

В 1762 году, знакомясь с работами по добыче и обогащению руды на Змеиногорском руднике, начальник Кольвано-Воскресенских заводов А. И. Порошин остался недоволен рудопромывательными машинами. Строительство новых серебряноплавильных заводов на Алтае, проводившееся в 60-х годах 18 столетия, требовало увеличения добычи руды и усовершенствования её обогащения. Это вызывалось необходимостью сократить перевозки и уменьшить количество пустой породы в руде, доставляемой на Барнаульский завод.

Пользуясь правом брать с казённых уральских заводов мастеров для развития промышленности на Алтае, А. И. Порошин послал предписание на Урал: «отправить сюда... находящегося около Екатеринбургских горных работ ундерштейгера

(или каким он чином действительно находится) Козьму Фролова».

Уральская администрация не хотела терять опытного механика, однако не могла и ослушаться сенатского указа о посылке мастеров на Алтай по запросам Канцелярии Кольвано-Воскресенских заводов. В декабре 1762 года К. Д. Фролов прибыл на Барнаульский завод. Через несколько дней его направили на Змеиногорский рудник для строительства новых рудообогатительных фабрик.

Уральская горная администрация с помощью Берг-Коллегии и Сената попыталась вернуть К. Д. Фролова. Тогда Порошин обратился за помощью в Кабинет. Спор о том, где работать К. Д. Фролову — на Алтае или Урале, тянулся почти год. 14 января 1764 года в этот спор вмешалась Екатерина II, которая «указать соизволила — послать из Сената в Берг-Коллегию указ: — дабы она о штейгере Фролове затруднений не чинила, а оставила б его при Кольвано-Воскресенских заводах, ибо польза интересная тех заводов несравненная с Екатеринбургскими». Так волею хозяйки Кольвано-Воскресенских заводов К. Д. Фролов остался навсегда работать на Алтае.

К строительству рудообогатительных фабрик на реке Корбалихе он приступил с весны 1763 года, и к осени закончил первую фабрику. Весною 1764 года была начата постройка второй фабрики, пуск которой в присутствии Порошина состоялся 1 июля 1764 года. Строительство всех трёх фабрик было завершено в 1766 году. Два документа, составленные в 1764 году, подробно описали установку. Один из них под названием: «Историко-географическое краткое описание лежащего в Алтайских горах, во-первых, Змеёвского, так же и около него построенным рудникам, с производимыми работами и найденными во оных минералами, с принадлежащими чертежами»,<sup>1</sup> был направлен «для отдания... Ломоносову». Этот документ, составленный управляющим рудником саксонцем Леубе, давал оценку фабрикам: «При той же речке, в бытность в Змеиногорской крепости нынешнего 1764 г. главнокомандующего всеми заводами господина генерал-майора и кавалера Андрея Ивановича Порошина, к строению вновь таковых же фабрик и с машинами место назначено и определено будущему весною к действию вступить.

Вода на находящееся при сих фабриках наливное колесо приведётся каналом с надлежащим падением, длиною 404 саж., от старых фабрик из под колёс идущая. Приняв в рассуждение находящиеся при Змеиногорском руднике отвалы и

<sup>1</sup> Подлинник перевода на русский язык хранится в АКГА, ф. 1, оп. 1, д. 296.

получаемые от руд похэрцы, без сомнения положиться можно, что онны вновь строящиеся толчейные и промывательные фабрики с пользою в действии находиться имеют»<sup>1</sup>.

Второй документ — рапорт Порошина Кабинету подробно описывал их механизм. В этом документе К. Д. Фролов прямо называется изобретателем и строителем фабрик. Что же представляли собою фабрики, созданные К. Д. Фроловым? Их механизм приводился в действие водоналивным колесом. Речка Корбалиха была перегорожена небольшой плотиной, в правом плече которой был сделан прорез для пропуска воды в канал. Вода по каналу направлялась к наливному колесу первой фабрики. Отводной канал из-под этого колеса направлялся на такое же колесо второй фабрики, расположенной ниже по течению речки. Из-под этого колеса вода также не сбрасывалась в речку, а направлялась каналом к водоналивному колесу третьей рудообогатительной фабрики. В целом гидросиловая установка фабрик являлась каскадом гидросиловых установок деривационного типа.

Первую в России гидросиловую установку деривационного типа построил И. И. Ползунов на Змеиногорском руднике в 1754 году для лесопилки. Эта установка действовала и в 1765 году.

Гидротехнические сооружения деривационного типа применялись на Западе ещё в начале 18 века. Они описаны в книге Геннина в 1735 году. Но Геннин считал, что они непригодны для России, так как, по его мнению, в зимнее время вода в каналах будет промерзать до дна. Ползунов построил деривационную установку на Змеиногорском руднике. Её эксплуатация в зимнее время опровергла неправильные утверждения иностранных специалистов.

Однако после Ползунова все гидротехнические сооружения строились попрежнему с обычными плотинами. Так были построены Павловский завод в 1763 году, Сузунский — в 1765 г., Томский — в 1771 году.

Рудопромывательные установки («похверки») на Змеиногорском руднике строились ещё в первой половине 18 века на р. Змеёвке. Они были близко расположены один к другому, каждый из «похверков» имел свой пруд и свою плотину. Единственной механизированной операцией являлось дробление руды на «толчейных станах» (рудодробилках). Для промывки руды существовала система каналов и ящиков («собак»). Подача проводилась горными служителями вручную. Это был очень тяжёлый и изнурительный труд.

К. Д. Фролов, продолжив начин И. И. Ползунова по

<sup>1</sup> Подлинник перевода на русский язык хранится в АКГА, ф. 1, оп. 1, л. 296.

строительству деривационных гидросооружений, создал новый, неизвестный до того в мировой практике, каскадный тип деривационных установок. Это удешевило строительство и повысило коэффициент использования гидроэнергии в установке — один и тот же водяной поток приводил в действие ряд водоналивных колёс.

Вместе с этим К. Д. Фролов каждое наливное колесо превратил в двигатель для крупного завода. От такого колеса получали энергию две группы станков. От вала наливного колеса энергия передавалась системой зубчатых колёс рудодробилкам. От этого же вала через штангу она поступала к промывательным станкам. Крайне простой рычажный механизм за один оборот колеса заставлял штангу совершать три полных колебания вдоль своей длины. Штанга двигалась на валиках, что предохраняло её от излома и уменьшало трение.

Внутри центрального бассейна промывательного станка были помещены вертикальные валы с лопастями, которые получали возвратно-вращательное движение от штанги посредством ворота и канатов. Валы своими лопастями перемешивали рудную массу с водой. Лёгкие частицы пустой породы поднимались вверх и стекали вместе с водой по жёлобку, а тяжёлые рудные частички осаждались на дне бассейна и проваливались сквозь прорезы в отстойник.

Попавшая в отстойник вода стекала в длинный подвижной жёлоб, помещённый на катках. Та же штанга с помощью рычага передавала жёлобу возвратно-поступательное движение, и вода с частичками руды равномерно разливалась по наклонным плоскостям («плангертам»). На «плангертах» небольшие щётки с лопастями вращались водою и опускали вниз осаждающиеся частички, сбрасывая их во второй отстойник.

Из отстойников промытая руда поступала в бассейн малого промывательного станка, имевшего такое же устройство, как и большой станок. Подвижные части второго станка приводились в движение той же штангой. Если на старых установках перемешивание рудной массы производилось промывальщиками, вооружёнными граблями, то на установках К. Д. Фролова эту работу выполнял механизм, приводимый в движение водоналивным колесом.

Большое впечатление на А. И. Порошину, присутствовавшего при испытании новой рудообогатительной фабрики, произвёл транспортёр, переносивший рудную массу от рудодробилки к промывательным станкам. Об этом он сообщал в рапорте Кабинету: «ящики или по горному названию «собачки» приведены к действию водяною силою, и чрез то несколько дней от работ освободится».

Транспортёр конструкции К. Д. Фролова состоял из храпового механизма, действовавшего от штанги, передающей

движение всем станкам. От рудодробилок к бассейну большого промывательного станка были положены наклонные брусья, окованные железом. На брусья ставились тележки («собаки»). От борта такой тележки к бассейну шёл канат, который навивался на вал, снабжённый двумя зубчатыми колёсами, зубья которых были изогнуты в разные стороны.

На штанге имелось два храпа (стержень с крючком на конце). Один из храпов опускался на соответствующее ему колесо и, захватывая зубья, тянул за них, заставляя вращаться вал. Канат, наматываясь на вал, тянул тележку по лежням вверх. От противоположной стенки тележки канат шёл к началу лежней, перекидывался через блок, а затем привязывался к стенке другой тележки, находившейся над бассейном. Порожня тележка стягивалась по второй паре лежней вниз, а её канат, намотанный на верхний вал, разматывался.

Как только тележка достигала верха бассейна, она опрокидывалась и сбрасывала рудную массу под лопасти валов внутри бассейна. Следивший за работой транспортёра мастеровой снимал храп с зубчатого колеса и ставил второй храп на соседнее зубчатое колесо. Для этого был устроен рычажный механизм. Перестановка храпов меняла направление вращения вала, в результате чего и происходило движение тележек.

На третьей фабрике К. Д. Фролов изменил конструкцию рудодробилки. До этого все песты дробилки действовали от одного вала, и при изломе песта нужно было останавливать фабрику. В новой рудодробилке каждый пест получил свой вал с зубчатой передачей, и для его ремонта не требовалось остановки всего механизма.

К 1766 году, то есть за 2 года работы новых фабрик, из руды, обогащённой по новому способу, было получено 674 пуда серебра и 21 пуд золота. Таким образом, первенцом автоматизации надо считать фабрики на Корбалихе, построенные К. Д. Фроловым в 1764 г., а не фабрику англичанина Аркрайта.

Рудообогатительные фабрики с механизмом К. Д. Фролова получили широкое распространение в нашей стране. В 1767—68 гг. К. Д. Фролов построил такие фабрики на Семёновском руднике, в 1776—77 гг. он послал модель машины для механизации работ на уральском заводе Турчанинова. Даже в 19 веке конструкции К. Д. Фролова применялись на рудообогатительных фабриках России.

Деривационные гидротехнические сооружения К. Д. Фролова сыграли большую роль в развитии горного производства в России. Начиная с 70-х годов 18 века, на рудниках и заводах Алтая стали строить исключительно деривационные гидротехнические сооружения.

К. Д. Фролов за изобретение и постройку трёх больших рудообогатительных фабрик-автоматов был «пожалован» 250 рублями и чином «шихтмейстера». По существу, дело ограничилось денежной подачкой, ибо чин шихтмейстера К. Д. Фролов получил от Берг-Коллегии ещё в 1763 году. Однако Кабинет не признал этого чина, и с 1763 года по 1767 год Кабинет именовал его «обер-штейгер и шихтмейстер». Только после завершения строительства рудообогатительных фабрик на р. Корбалихе Кабинет присвоил К. Д. Фролову права горного офицера, то есть свободного человека, тогда как мастер являлся крепостным. Но и после такого признания издевательства над Фроловым не прекратились: наоборот, они приняли более тяжёлую форму.

В 1768 году, когда Порошин ушёл в отставку, К. Д. Фролов строил конные рудоподъёмники и машины для откачки воды на Змеиногорском руднике. В 1769 году начальником Кольвано-Воскресенских заводов был назначен Ирман. Управляющий Змеиногорским рудником Леубе, пользуясь поддержкой Ирмана, отстранил в 1769 году К. Д. Фролова от участия в горных работах и, приравнясь к тому, что подчинённый Фролову унтер-шихтмейстер Овчинников расходовал казённые дрова на отопление своей квартиры, объявил «крепкой выговор» К. Д. Фролову за то, что он не донёс на Овчинникова.

Стремясь подорвать авторитет К. Д. Фролова, Леубе, основываясь на поступивших к нему доносах, обвинил его в том, что он израсходовал казённое железо на личные нужды. Следствие тянулось до 1770 года и закончилось объявлением второго «крепкого выговора» К. Д. Фролову в присутствии всех горных офицеров.

16 ноября 1769 года Ирман приказал К. Д. Фролову «для построения при заводских фабриках во время пожарного случая водоналивной машины, какую он изобретёт, сделать пристойной величины деревянную модель». Этот заказ на изобретение пожарной машины являлся попыткой опорочить К. Д. Фролова как изобретателя.

Кольвано-Воскресенские заводы действительно нуждались в пожарных машинах. В 1765 году сгорел до тла только что построенный Сузунский завод. На заводах и рудниках, где в основном были деревянные постройки, часто происходили пожары.

К. Д. Фролов немедленно приступил к выполнению приказа Ирмана.

24 января 1770 года, ещё находясь под следствием, К. Д. Фролов представил Леубе модель. Но Леубе потребовал составить описание модели, а также смету на строительство и годичную эксплуатацию машины. 8 февраля 1770 года и это требование было выполнено. Через два дня Леубе направил



все документы вместе с моделью на Барнаульский завод Ирману.

В своём отзыве о модели Леубе старался доказать её непригодность. Он утверждал, что «не редко случается, что такие машины с запалённым строением сгорают», что, якобы, при пожаре надо оставлять около неё «всё руководство», наконец, что «в том ево, Фролова, изобретении никакой новости не усматривается».

Для подкрепления этих доводов Леубе писал: «Как уже известно, что все употребляемые при различных случаях машины чем больше к действию своему имеют присовокуплённых членов, тем большому повреждению подвержены, починкам и из того следуемым частым расходам, что самое и от представляемой Фроловым, через означенную модель ожидать должно».

Это был тот самый «закон», которым Шлаттер в 1763 г. доказывал непригодность двигателя И. И. Ползунова. Леубе знал, что Шлаттер провалился со своей «теорией», но, стремясь опорочить русского изобретателя, он всё же выставил против него этот аргумент.

На этот раз Леубе повезло. Его отзыв оказался достаточным для того, чтобы Ирман признал проект пожарной машины непригодным. Модель пожарной машины погибла. Описание машины, смета на её постройку и остальная переписка по поводу этого изобретения были обнаружены в 1948 году в Алтайском краевом государственном архиве.

Механизм пожарной машины, изобретённой К. Д. Фроловым, был крайне прост и не имел «много присовокупленных членов», о которых писал Леубе. Двигателем служило водоналивное колесо. На валу колеса была насажена железная шестерня, передававшая движение небольшому вороту, а от него кривошипными механизмами — поршням двух всасывающих насосов, подававших воду в чугунную трубу. Коротким патрубком эта труба соединялась с распределительной трубой, от которой шли деревянные подземные трубы к трубам, установленным около строений. В случае пожара на концы этих труб насаживались «кожаные рукава со шприцами». На чердаки фабричных зданий вода подавалась стояками. На самих чердаках укладывались горизонтально трубы с отверстиями для разбрызгивания воды по всей крыше.

Машина была интересна тем, что подавала воду к каждому зданию. Чердачная установка труб с отверстиями напоминает современную спринклерную систему.

Пожарная машина К. Д. Фролова служила одновременно и водопроводом. В начале XIX века даже в таких городах, как Петербург и Москва, воду брали из фонтанов, установленных на площадях. По смете строительство машины оцени-

валось в 166 рублей 60 коп. Для обслуживания самого крупного на Алтае Барнаульского завода, с подводкой воды к каждой постройке, стоимость машины определялась в 1 097 руб. 84 коп.

Но Ирману и Леубе не нужен был ни водопровод, ни пожарная машина. Они хотели опорочить К. Д. Фролова. Провалившись и на этот раз, они похоронили в архиве одно из его оригинальных изобретений.

Талантливый изобретатель не обращал внимания на попытки врагов русской культуры помешать его работе. За десятилетие (1760—1770 гг.) К. Д. Фролов сделал многое в области автоматизации производства. Автоматизация сортировки и промывки руды, каскад гидросиловых установок деривационного типа, внутривозводской транспортёр с лежнями — прообразы рельсовых путей, автоматика тушения пожаров — это лишь главнейшие его изобретения.

Помимо этого, он создал ряд конных машин для Змеиногорского рудника, сконструировал водяные часы, которые шли не хуже маятниковых, построил водопроводную установку на рудообогатительных фабриках и создал проект водопроводной установки для Барнаульского завода.

### КРУПНЕЙШЕЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ 18 ВЕКА

В 1769 году управляющий Змеиногорским рудником Леубе подал Ирману рапорт, в котором уверял, что рудник уже истощён, что запасов руды хватит лишь на 15 лет работы. Леубе искажал действительность. Если в 1769 году каждый пуд руды содержал по 3 зол. 77 долей серебра, то в 70-х годах содержание серебра повысилось до 4 зол. 63 долей на пуд. Рапорт был вызван другими причинами: рудник ожидало неминуемое затопление грунтовой водой, так как ручные насосы не справлялись с её откачкой.

В 1779 году Леубе подал второй рапорт. На этот раз, по его расчётам, в руднике оставалось руды на 14 лет работы. В этот период добыча руды сократилась в два раза, а содержание серебра понизилось до 2 золотников на пуд. И это обстоятельство также объяснялось не истощением рудника, а тем, что грунтовые воды залили его богатые нижние горизонты.

Леубе прекрасно знал, что рудник не истощён, но он не хотел дальнейшего роста добычи серебра. И Леубе проявил немало настойчивости и упорства, чтобы не дать возможности осуществить механизацию рудника по проектам К. Д. Фролова.

В 1772 году, когда на руднике было добыто свыше 4 млн. пудов очень богатой серебром руды, когда на Кольвано-Вос-

кресенских заводах выплавка серебра доходила до 1 200 пудов, К. Д. Фролов подал свой первый проект механизации откачки воды. Он предлагал соорудить большую плотину на р. Корбалихе, от которой провести воду каналом до Крестительской штольни (точнее до одного из вертикальных ходов с поверхности в эту штольню), и там установить водоналивное колесо диаметром около 17 м. От колеса следовало провести до Екатерининской шахты полевые штанги, которые должны были приводить в действие насосы. Поднятая насосами вода должна была уходить через Крестительскую штольню.

Проект был обсуждён канцелярией Колывано-Воскресенских заводов, затем скопирован и за подписью Ирмана, Кузнецова и Черницына направлен Кабинету. Ни на приложенных к проекту чертежах, ни в сопровождающем документе рапорте имя К. Д. Фролова, как автора проекта, не упоминалось. Это не случайно — Ирман не хотел, чтобы в Кабинете вновь фигурировало имя К. Д. Фролова как изобретателя.

Но и Кабинет не счёл нужным утвердить проект. В 1783 году К. Д. Фролов писал: «Я хотел ещё в 1772 году, сообразивши начальные основания, команде на рассмотрение имел честь подносить, чтоб во увеличение и возвышение состоящей на речке Змеёвке нижней плотины на поверхности водяным же действием, проведя от наливного колеса штанги, машинное действие, как для выливки из нижних горных работ воды, так и подъёму руд, установить при Вознесенской трейб-шахте, однако сие расположение по неведомым обстоятельствам желаемого успеха не имело»<sup>1</sup>.

В Алтайском краевом архиве хранится копия проекта К. Д. Фролова, разработанного в декабре 1773 года. К ней приложена копия «Ордера Канцелярии Колывано-Воскресенского горного начальства, Змеиногорской горной конторы».

В ордере говорится, что Леубе, находясь в Змеиногорске, предлагал К. Д. Фролову ещё 7 сентября 1773 года заверить проект подписью и отзывом Делиль де-ла Кроера, однако проект был подан в декабре за подписью одного Фролова, и потому Канцелярия направляет проект обратно для отзыва и оформления подписей. Ордер подписан Леубе, Черницыным, Пастуховым и Уровым. Очевидно в это время Леубе замещал Ирмана в Барнауле.

И на этот раз Леубе снова тормозил продвижение проекта К. Д. Фролова, хотя необходимость в механизации рудника не уменьшилась — рудник был затоплен до уровня Крестительской штольни. В проекте 1773 года основные положения под-

<sup>1</sup> Изложение проекта даётся по книге В. В. Данилевского: «История гидросиловых установок в России до XIX в.».

креплены теорией и личными опытами К. Д. Фролова. К проекту прилагалось «Общее изъяснение» всех частей сооружения.

К. Д. Фролов намечал построить большую плотину на р. Змеёвке. Так как она не обеспечивала годового запаса воды, то ниже её предполагалось повесить старую плотину и создать запасной пруд. Вода через деревянные трубы поступала в канал, по которому направлялась внутрь рудника по Луговой штольне. Возле Вознесенской шахты, на уровне Крестительской штольни, в специальной выемке («кунштате») устанавливалось колесо диаметром в 5 сажен. Оно приводило в действие приспособления для подъёма руды и воды, состоящие из двух цепей с навешенными между ними бадьями или ящиками. При вращении колеса цепи приходили в движение. В бадьи зачерпывалась вода и поднималась вверх. Опрокидываясь у вала колеса, бадьи выливали воду и опускались вниз. Так непрерывным потоком без насосов вода должна была выливаться из нижних выработок. Рудоподъёмник был такой же конструкции. Но он поднимал руду на поверхность и двигался толчками, с частыми остановками для загрузки ящиков рудой ручным способом.

К. Д. Фролов считал, что его колесо будет делать в среднем девять оборотов в минуту и расходовать воды в минуту «кубической меры 261 фут 1392 дюйма». Такой же приток воды должен быть и в речке для равномерного действия машин.

К. Д. Фролов пишет по этому поводу, что «в речке Змеёвке (по учинённым сего года ноября и декабря 4 числа опытам) притечения оказывается 124 фута». Опыты нарочно производились зимой, так как в летнее время речку питают многие источники, а зимою — только её внутренние. «Пред означенным временем когда были наблюдения, стояли нарочито свирепые морозы, следственно все верховые источники и покаты в речку верховые воды должны замёрзнуть... почему то количество воды, сколько по опытам оказывается, принять можно за полное средство».

Расчёты К. Д. Фролова показали, что, не считая внешнего паводка, речка даст воды только на 149 дней работы машин. На остальные дни работы нужно было запастись водой в пруде, удерживая её плотиною.

К. Д. Фролов оставил проект постройки прочной и долговечной плотины. Он писал: «за способно(е) признаётся, что всю плотину накрепко завалить глиною, не оставляя в ней ни одного прореза. С лесным укреплением прорезы всегда подвержены гиблости и во своё время требуют перемены, а означенным расположением таких перестроек миновать будет можно, почему и к продолжительному стоянию признаётся быть надёжнее».

К. Д. Фролов предлагал воду из пруда направлять на машины через деревянную трубу, положенную «под плотину несколько выше её почвы». В этом случае запас «мёртвой воды» (воды ниже дна ларевого прореза) сводился почти к нулю.

Проект показывает, что уже в 1773 году К. Д. Фролов наметил место для строительства основной плотины именно там, где она и была построена. Высота плотины была определена в 6,5 сажен («от почвы речки»). По этой высоте длина плотины должна быть, по мнению К. Д. Фролова, 146 сажен («по середине»), а ширина 28 «у почвы» и 10 — «с поверхности». От середины к концам плотина может быть «наподобие клина», что потребует меньше глины. Определив размеры плотины, зная высоту её окрестностей, Фролов установил, что в пруде скопится количество воды, достаточное на 149 рабочих дней. Недостаток воды должен был восполнить запасной пруд.

Какими преимуществами обладала машина К. Д. Фролова? На этот вопрос он отвечал так: «ныне задолжающиеся к выливке воды ручными насосами рабочие люди от той выливки освободятся». Он указывал далее, что «пильная мельница» и промывальная машина могут действовать той же водой, что и горные машины, описанные в проекте. Это был каскад, последнее колесо которого находилось на глубине около 20 сажен от поверхности земли.

К. Д. Фролов твёрдо шёл к намеченной цели — освободить от тяжёлого труда рабочих людей, поднимавших вручную воду из глубоких выработок.

Судьба проекта после возвращения его К. Д. Фролову неизвестна. Известно лишь, что с 1774 по 1780 год К. Д. Фролов не приступал к его реализации.

В декабре 1780 года Горный Совет под руководством Меллера решил осуществить проект К. Д. Фролова, разработанный им в 1772 году. Описание машины, построенной К. Д. Фроловым, сделано в декабре 1783 года.

21 апреля 1783 года в торжественной обстановке была пущена Вознесенская машина. «Совершенным счастьем» назвал это событие в своей жизни К. Д. Фролов. Водоналивное колесо, 18 метров в диаметре, получая воду из р. Змеёвки через Луговую штольню, начало приводить в действие насосы, откачивавшие воду с глубины в 30 сажен.

Полагая, что новый начальник Меллер проявит больше внимания к его замыслам, К. Д. Фролов снова начал работать над новым проектом механизации работ на Змеиногорском руднике. После смерти Леубе управляющим Змеиногорским рудником был назначен, совместно с бергмейстером Бером, сам К. Д. Фролов. Это обстоятельство вселяло в него надежду на благоприятную обстановку для работы.

10 декабря 1783 года К. Д. Фролов неожиданно получил назначение сопровождать серебро в Петербург. 11 декабря 1783 года он выехал в Барнаул вместе со своими сыновьями Петром и Павлом, которых повёз в Петербург, чтобы определить их в Горное училище. 15 декабря 1783 года, будучи в Барнауле, К. Д. Фролов лично передал новый проект начальнику заводов Меллеру.

Этот проект предусматривал повысить плотину бывшей промывательной установки и от неё провести каналом воду к окончанию Подрядной штольни, выработать кунштат и в нём поставить водоналивное колесо диаметром в 9 сажень (свысье 19 м). От колеса провести полевые штанги да Екатерининскую шахту к насосам и рудоподъёмнику, на Преображенскую шахту к рудоподъёмнику и к двум «разносам» (поверхностным разработкам), чтобы механизировать откатку руды.

На канале намечалось также построить два водоналивных колеса, каждое по 2 саж. в диаметре, и два таких колеса — ниже канала. Назначения этих колёс К. Д. Фролов не указывал, но считал, что их можно использовать для механизации промывки руды и других целей.

Это был проект грандиозного каскада из шести колёс, считая действующее Вознесенское. Вода, поднимаясь через Екатерининскую шахту, должна была приводить в движение насосы Вознесенской машины.

По подсчётам К. Д. Фролова, новое строительство должно было освободить 195 горных служителей, а также 48 лошадей.

К. Д. Фролов писал: «К сохранению государственного интереса руды лучшим способом получать и взамен некоторого числа горных служителей и их облегчения находящимися в глубине трейб-шахт машинами есть способ, ведущий к славе, уважению и другим имущественным выгодам».

Знакомясь с архивами Змеиногорска, К. Д. Фролов узнал о рапортах Леубе об «истощении» рудника. Леубе доказывал, что в руднике осталось руды всего на 14 лет работы. Конечно, в этом случае не было надобности в механизации. К. Д. Фролов считал, что утверждение Леубе и послужило причиной отказа осуществить его проекты. Он решил опровергнуть «теорию» Леубе и доказать, что Змеиногорское месторождение обладает огромными запасами руды.

Оперируя данными личных измерений рудных запасов, он доказывал, что если из Змеиногорского месторождения брать ежегодно по одному миллиону пудов руды, то её запасов хватит больше, чем на сто лет.

Очевидно, находясь в 1784 году в Петербурге, он отстаивал перед Кабинетом свою точку зрения. Между тем на Алтае выплавка серебра снижалась. В 1785 году на Алтай вы-

ехал по распоряжению Екатерины II член Кабинета Соймонов, чтобы принять на месте меры по увеличению выплавки серебра. Начальник заводов Меллер был смещён и на его место был назначен Качка.

Соймонов рассмотрел предложение К. Д. Фролова о механизации работ и предложил Горному Совету утвердить строительство каскада. На Алтай выехали экспедиции для поисков рудных месторождений и поделочных камней. Во главе экспедиций были поставлены высокообразованные специалисты — П. И. Шаньгин, Риддер и другие. Были открыты ряд рудных месторождений в районе р. Бухтармы и в глубине Алтайских гор. Среди новых месторождений особую роль сыграли Риддерское рудное месторождение и Ревневский выход зелёноволнистой яшмы.

1785 год прошёл в подготовке к строительству крупнейшего гидротехнического сооружения 18 века. Накануне шестидесятилетия К. Д. Фролова, 20 апреля 1786 года, началось строительство плотины на речке Змеёвке. Одновременно велись работы по строительству кунштаттов для водоналивных колёс возле Екатерининской шахты. В районе Вознесенской шахты ещё в 1785 году был вырублен в скале запасной кунштат, так как действовавший считался недостаточно прочным. Запасной кунштат строился для установки в нём ворота («рычага»), который мог приводить в действие насосы в случае аварии в основном кунштате.

Занятый строительством плотины, К. Д. Фролов вынужден был часть работы поручить другим горным офицерам. Так, например, кунштаты возле Екатерининской шахты строил Граль, а ворот в запасном кунштате Вознесенской шахты — находившийся временно на Змеиногорском руднике веркмейстер Отто. Вместе с другими работавшими на Змеиногорском руднике иностранцами, они выступили с критикой сооружений К. Д. Фролова.

В своём рапорте начальнику заводов Качке, поданном 22 июня 1788 года, К. Д. Фролов подробно описывает ход строительства плотины. Вначале верхний слой земли был снят на всей площади основания будущей плотины и переброшен в тачках к «нижней плотинной стене». После этого «по длине плотины выкопав три канала, один от другого по восьми, шириною по две сажени, глубиною от двух с половиною, а местами до трёх аршин, как необходимость до твёрдого грунта требовала, теми каналами оной грунт совершенно исследован». Каналы были прорыты и по руслу речки.

Передние каналы, близкие к верхнему бьефу, были заполнены вязкою глиною, а задний канал «набит как можно крепко щебневым камнем», чтобы сухой откос не мог дать ополз-

ней и осадки. В плечах плотины каналы были врублены в береговые скалы.

После этого на всю площадь основания плотины начали возить глину, «которую убивали толкачами... и отчасти спрыскивали водой». Одновременно «выше плотины между берегами для останова течения речки заготовлялась плотина или перемычка». 28 мая 1786 года эта перемычка была закрыта. Действие Вознесенской машины, вследствие прекращения подачи воды, приостановилось. К. Д. Фролов подчёркивает, что в это время нигде не было обнаружено течи.

Остановка воды в Змеёвке привела к повышению её уровня возле перемычки всего на 2 с небольшим сажени. Дальнейшего повышения уровня почти не наблюдалось из-за того, что вода стала разливаться по обширному пространству будущего пруда, «а из... рудника чрез учреждённую при Вознесенской шахте вододействуемую машину непрерывно воду выливать требовалось, чего для чрез поперешник плотины по правую руку возле горы... (провели — Н. С.) канал, которым 15 числа июня вода пропущена».

Вознесенская машина вновь начала действовать за счёт притока воды из р. Змеёвки. Плотина стала выше канала, «канал с обеих сторон обставлен был стойками и на верхних положены переклады, из которых насланы ровно и к стойкам прислонены горбины, таким образом, (как род штольни с укреплением) с боков и верх осыпан и крепко сколочен вязкою глиною». Принцип строительства плотины без прореза, высказанный К. Д. Фроловым в 1773 году, был нарушен, что вызвало ряд серьёзных последствий.

«Наступившая зима не допустила выполнить с выкладкою камнем или дёрном нижнюю стену», хотя плотина за лето 1786 года была «до настоящей высоты взведена». Всю зиму сквозь тело плотины по штольне подавалась вода на Вознесенскую машину.

Весною 1787 года для накопления воды в пруде штольня в теле плотины была забита глиною. Засыпка началась 3 апреля. Вода быстро прибывала из-за ненастной погоды. Когда она поднялась на высоту свыше сажени, то в районе засыпаемой штольни появилась течь.

К. Д. Фролов решил, что течь была вызвана трещинами, образовавшимися в теле плотины со стороны пруда, так как плотина стояла всю зиму неприкрытая снегом. Перекопав места, где могли быть такие трещины, и забив глиною штольни, течь прекратили. После этого, как пишет К. Д. Фролов, «во всей плотине чрез насыпанную глину нигде течи воды не было, донные нет и впредь кажется без сомнительно быть не может».

Однако, когда осталось засыпать всего девять сажени штольни, через неё вновь начала просачиваться вода. Проко-



пав под штольной выемку до ближайшего берега, К. Д. Фролов установил, что вода течёт сквозь трещины в скале и попадает внутрь плотины. Эту течь попробовали устранить, направив воду в деревянную трубу, но она пошла по глине. Тогда трубу открыли, чтобы вода свободно выходила через её отверстие. В таком виде штольню оставили до весны 1788 года. Одновременно начали прокладку подземной штольни для пропускания воды вдали от тела плотины. К. Д. Фролов много раз пытался осенью закрыть течь, но не добился успеха.

Наступила весна 1788 года. Вода в пруде поднялась выше уровня 1787 года. Сразу же было обнаружено помутнение источника. Внутри плотины произошёл обвал. Его быстро заполнили глиной, а на пути источника поставили деревянные преграды. В результате источник был настолько сильно забит, что течь прекратилась. Более мелкие источники, замеченные возле коренных берегов, не вызывали тревоги у К. Д. Фролова, считавшего, что они со временем иссякнут от того, что на залитом водою пространстве растительность сгниёт, и продукты её распада заткнут скважины в скалах.

Впрочем, «если не хотя... ожидать многотекущего ко уничтожению помянутых источником времени, признаю... что не бесполезное может быть средством, чтоб в зимнее время обратиться из всего Змеиногорского селения обывателей, чтоб оные из скотских дворов своих навоз вывозили к плотине и сваливали подле горы на лёд. Почему надёжно, когда лёд по наступлению лета растает и навоз, в воду погрузнув, по отлостности горы расползётся и слабые поры непременно закроет».

Течь в плотине в 1787 году, источники в 1788 году, обвал внутри плотинного тела, мутный поток в районе бывшей штольни — всё это показалось подозрительным управляющему Змеиногорским рудником Делиль де-ла Кроеру и вызвало толки среди иноземцев, наблюдавших издали, как ведутся работы по прекращению этих явлений.

Частые рапорты Качке, в которых эти события излагались в превратном свете, вызвали большую нервозность в Барнауле. Решено было созвать специальный совет. К дню заседания совета все горные специалисты, работающие на Змеиногорском руднике, должны были представить свои предложения о том, как прекратить течь в плотине.

Пётр Ильман, Иван Мартин, Иван Сафонов, Аврам Герих, Фёдор Ваганов, Фёдор Гаузе, Григорий Тихобаев, Тимофей Харитонов, Степан Аистов, Николай Делиль де-ла Кроер, Иоган Отто, Иоган Граль, Иоган Фауст — таков был состав консилиума гидротехников и механиков. Они предлагали различные способы, чтобы остановить течь, вплоть до постройки запасной плотины. Трезво, спокойно и веско высказался лишь

один К. Д. Фролов. Оценку плотине К. Д. Фролов дал в последней фразе своего рапорта: «А потому о прочности (плотины — Н. С.) несомненную надежду навсегда заключить можно». Плотина стоит 165 лет, и многие жители современного Змеиногорска считают, что перед ними не пруд, а обычное озеро. Плотина стала прочной, как естественный берег.

Иноземцы Фауст, Отто, Граль и другие решили использовать совет, как удобный случай для выступления против К. Д. Фролова. Они, не принимая участия в аварийных работах, давали неправильные заключения, пытаясь показать, что лишь они могут «спасти» положение. Они рекомендовали: «Чтоб доставить сей плотине надлежащую прочность, то, как обыкновенно водится, приотняв несколько задней отсыпи, должно возвести каменную стену... Отняв нижнюю отсыпь перед каменную стеною, должно сие пространство набить хорошею глиною и дёрном... По длине плотины провести крепостной канал, чтобы оным собрать воду, которая чрез всю плотину местами пробирается».

Заслушав мнение К. Д. Фролова и осмотрев плотину, Совет принял все его предложения. Провалившись на критике плотины, Отто не оставил попытки подорвать авторитет К. Д. Фролова. Уезжая из Змеиногорска, он 30 августа 1788 года подал «Покорнейшее объяснение» Качке о том, почему построенный им ворот для запасного кунштата Вознесенской машины оказался неудачным.

Вместо того, чтобы признать свою ошибку, Отто решил опорочить Вознесенскую машину (действовавшую с 1783 года). Он писал: «Хотя сей рычаг по правилу механических положений... устроен был, но ожидаемой пользы получить не могли в рассуждении тягости, которая сим рычагом движима была». По Отто получалось, что он верно рассчитал ворот, но тяжесть была столь велика, что ворот сломался.

«Оная (тяжесть — Н. С.) не состоит в подъёме... воды.., а единственно... от неправильного устройства всей машины, у которой фрикция (трения — Н. С.) никак положить не можно». Сильное трение в машине привело, якобы, к излому рычага. Отто утверждал, что во всех машинах трение имеет вполне определённую величину, но в машине К. Д. Фролова оно не имеет ничего общего с теоретической величиною и превосходит все допустимые нормы. Отто указывал, что и водяное колесо устроено неправильно. Центр тяжести его лежит не на валу, и поэтому оно, будучи повернуто, даёт дополнительные колебания. В заключение Отто утверждал: «А потому и не будет никто в состоянии надлежащий поворотный рычаг установить, пока все прочие члены той машины в лучшее состояние приведены не будут».

Но Отто забыл, что Вознесенская машина действовала 5 лет совершенно исправно, и была лишь временно остановлена в 1786 и в 1787 гг. из-за строительства плотины и канала. Заключение Отто было долгое время неизвестно К. Д. Фролову. Только в 1790 году, в связи с проектом перестройки Вознесенской машины, Качка послал его К. Д. Фролову, чтобы выяснить, не эта ли причина требует перестройки машины. К. Д. Фролов дал подробные объяснения по этому вопросу на заседании Змеиногорской конторы, которая изложила его выступление в особом рапорте.

Ответ К. Д. Фролова показывает глубину теоретических познаний замечательного русского инженера. К. Д. Фролов подробно освещает причину излома ворота, построенного под руководством Отто. Рычаг был собран из двух брёвен, скреплённых крестообразно. В месте скрепления Отто сделал большие выемки и тем уменьшил прочность конструкции. Фролов указывает, что в таких воротах (не горизонтальных) тяжесть падает в основном на центр. Следовательно, в центре ворота прочность должна быть наибольшей и поэтому нельзя делать центр тоньше концов. Но Отто не послушал «преподанного ему совета от г. Фролова», и рычаг изломался.

По данным К. Д. Фролова, трение в машине значительно меньше величины, указанной в сочинениях по механике.

К. Д. Фролов при этом ссылался на сочинения артиллерии капитана Козельского. Он подчёркивал, что Козельский не считал силу трения постоянной и «естли... между влекомыми телами будет масляной материей намазано, и будет наблюдён выбор тел, которые одно о другое тереться должны, в таком случае и фрикция умалется до четвёртой, пятой, шестой, а иногда и седьмой части против влекомого тела». Козельский утверждал, что такое же соотношение тяжести и трения будет и в случае движения тела на оси, когда «перевешанные через валок две равные тягости» будут приведены в движение.

К. Д. Фролов на опыте проверил величину трения в механизме Вознесенской машины. Вес механизма он определил равным в 3 500 пудов. Так как радиус кривошипа колеса равнялся 28 дюймам, то на вал водоналивного колеса Фролов надел запасное колесо радиусом в 308 дюймов. На это последнее он поместил человека весом в 4,75 пуда и доказал, что «один человек... со всеми движущими машинными частями кроме насосных эмволов (поршней — Н. С.) свободно вокруг поворачивает и всю машину в действие приводит. Следовательно, таковой силой всей сложности машины фрикцию преодолевает, а тем и даётся знать, что оной пятьдесят два с четвертью пуда имеется».

В результате этой опытной проверки величины трения,

К. Д. Фролов указывает, что она составляет не третью или седьмую, а шестьдесят седьмую часть веса. Учитывая сопротивление насосов, К. Д. Фролов пришёл к выводу, что сила трения его машины составляет всего одну тридцать вторую часть веса механизма.

Фролов доказывал, что «во всём свете» машины не могут быть одинаковыми, а потому и трение в их механизмах должно быть разным. Так, в горных машинах механизмы машин от сырости значительно увеличиваются в весе, и это повышает в них силу трения. Но, приводя в пример личный опыт определения величины трения, К. Д. Фролов вовсе не хотел тем самым опровергать теорию. Он делал это потому, что «совершенно знающие механику по сие время с математическими правилами (величину трения — Н. С.) согласить не могут... как о том из следующего примечания их видеть можно, что де... всяк при изобретении новой машины может во всех её частях, по примеру показанных в механике правил, разыскивать количество и величину трения».

К. Д. Фролов не без иронии пишет, что «великие умы» не могут найти постоянной величины для трения в машинах, а Отто «не познав прежде в повредившемся вороте очевидной самой точной механической причины... и в заступление оной не находя другого оправдания, затмительным образом преподаёт порочную о машине истинную (мнение — Н. С.).., а через сие додаёт знать, сколько механическое знание разумеет».

Совершенно справедливо К. Д. Фролов указывает, что «достаточный механик сокровенные вышеописанные обстоятельства наипервое познаёт и о расположении машин и о качествах оных против слабо понимающего (оное знание) основательно преподаст мнение».

Отвечая на вопрос, почему колесо при Отто не имело центра тяжести на валу, К. Д. Фролов пишет: «Оное колесо до того уже в действии было и довольно водой напиталось, а как он (Отто — Н. С.) приступил ко исправлению ворота и притом обращался с лишком двумесячное время и никогда колесо верхней частью к низу оборачиваемо не было, а всегда неподвижно оставалось, чрез что из верхней части в нижнюю часть вода иссякла, следовательно, нижней и должен быть тяжелее, почему и равновесия быть не могло».

Анализируя ошибки в заключении Отто, К. Д. Фролов отмечает: «Отто единственно истинствует (высказывает мнение — Н. С.) только пороки, а каким бы другим способом облегчение установить и недостатки было можно наполнить, ни малейшего способа не преподавал». Но Отто и не имел никаких других намерений, как оправдаться и обвинить К. Д. Фролова в ошибках при расчёте машин.

К. Д. Фролов писал, что он изготовил ворот для запасного кунштатата Вознесенской машины, который «до обветшалости будет невредим... О действии же машин... сомневаться об оных не нужно, которые по ныне семь лет достаточное действие продолжали». Так К. Д. Фролов снова отбил яростные нападки иноземцев.

В 1787 году каскад был оснащён дополнительными механизмами. На канале были построены лесопилка с водоналивным колесом и новая рудообогатительная фабрика. На Вознесенской машине, кроме насосной водоподъёмной установки, от того же наливного колеса действовала оригинальная рудоподъёмная машина, которую К. Д. Фролов назвал «патер-ностер».

С помощью штанг и ворот приводился в движение большой ворот с зубчатыми колёсами и храповиками. Бадьи, подвешенные к железным цепям, должны были поднимать непрерывным потоком руду из глубоких горизонтов на поверхность земли.

В 1788 году такую же машину К. Д. Фролов начал строить на Преображенской шахте. Но передача движения была изменена. Вместо храпового механизма, во избежание «сотрясаений», введена была шкивная передача.

Испытания «патер-ностер» на Преображенской шахте начались 1-го января 1789 года. Присутствующий при испытаниях управляющий Змеиногорским рудником Делиль дела Кроер писал: «Жаль этой машины ежели не удастся. Признательно вам скажу, что с удовольствием смотреть можно, как она беспрестанно сыплет поднимаемую руду, подобно как из роля на жернова жито от сгяхивания падает».

В ходе испытаний действие «патер-ностер» сравнивалось с действием рудоподъёмной машины на Екатерининской шахте. Первоначально машина подавала в сутки руды меньше екатерининского подъёмника, имевшего всего две бадьи. В июне 1789 года, когда «патер-ностер» пустили на полную мощность, машина показала большую производительность. В сутки из самых глубоких горизонтов она поднимала до 10 500 пудов руды. Однако средняя производительность машины была значительно ниже. За месяц работы в июне 1789 года машина подняла 176 020 пудов руды, т. е. в среднем за сутки по 5 867 пудов. Частые остановки из-за отсутствия руды и поломки цепей снижали производительность этой замечательной машины.

Работая круглосуточно, без остановок, рудоподъёмная машина Екатерининской шахты подняла за тот же срок всего лишь 99 800 пудов. Надо учесть, что за время работы «патер-ностер» часто не имела полной нагрузки, так как откатчики не успевали обеспечивать её рудой.

Машина «патер-ностер» была уже прообразом конвейера, и ручной труд, от которого зависела её работа, делал эту машину нерациональной. Не случайно в 1791 году К. Д. Фролов разобрал на Вознесенской шахте эту машину, а на Преображенской переделал в обычный рудоподъёмник с двойным водяным колесом и двумя бадьями.

В 1790 году К. Д. Фролов вновь выступил с проектом перестройки Вознесенской машины. Ответ на заключение Отто высоко поднял авторитет К. Д. Фролова. Однако иноземные «специалисты» не успокоились. На этот раз против К. Д. Фролова выступил веркмейстер Граль с четырьмя проектами.

25 октября 1790 года Канцелярия Колывано-Воскресенского горного начальства рассмотрела все предложения о перестройке Вознесенской машины и отказалась утвердить проекты Граля. К. Д. Фролов вновь одержал победу в вопросе механизации работ на Змеиногорском руднике.

Перестройка была вызвана необходимостью механизации водоподъёма. К. Д. Фролов предложил вместо старого шахтного ствола заложить новый с таким расчётом, чтобы насосы, установленные в этом стволе, приводились в движение одними вертикальными штангами с помощью шатуна («поварни») и кривошипа.

Граль предлагал перенести водоналивное колесо в новый кунштат в районе Преображенской шахты. Однако он не учёл, что в этом районе велись раньше горные работы, от которых почва осела и стала недостаточно прочной, чтобы выдержать сооружение. По этим причинам проект Граля был отвергнут.

Затем Граль предложил заложить новый шахтный ствол от запасного кунштата, а к нему провести лежащие штанги с балансирами. В этом случае требовалось расширить кунштат, что неминуемо должно было привести к соприкосновению с глинистым и рыхлым слоями и грозило обвалом стен. Был забракован и этот проект.

Остальные два проекта Граля также были признаны негодными из-за их технической неграмотности. В конце концов Граль вынужден был признать, что все его проекты непригодны.

В 1791 году К. Д. Фролов начал прокладку нового шахтного ствола около Вознесенского колеса. В 1792 году работа подходила к концу — оставалось только построить бассейн для сбора воды под насосами на дне новой шахты. В октябре 1792 года на Томский завод для наблюдения за изготовлением «коленчатого щипа» (коленчатого кривошипа) был послан шихтмейстер Герих.

Герих привёз кривошип в июне 1793 года. При проверке

оказалось, что кривошип значительно отличается от чертежа. Он был перекошен и не имел длинного конца для закрепления на валу колеса. Чтобы не терять времени на переливку, К. Д. Фролов послал Гериха обратно с чертежами и приказом — вылить новый кривошип в точности по чертежу. На готовом кривошипе наварили недостающую часть и выпрямили его молотами. Исправленный кривошип проработал до ноября 1793 года, после чего был отправлен для переливки на Томский завод.

Только в январе 1794 года прибыл новый кривошип. Его установили на Вознесенском колесе. В настоящее время часть кривошипа (колесо и короткий конец) находится в Алтайском краевом музее. Она весит около 700 килограммов.

В перестройке Вознесенской машины К. Д. Фролову помогал его сын Пётр Козьмич Фролов, прибывший в Змеиногорск после окончания Петербургского горного училища в 1793 году. Но недолго продолжалась их совместная работа.

К. Д. Фролов вскоре назначил сына руководителем группы рудников, а в 1797 году П. К. Фролов был направлен на Нерчинские заводы.

В 1793 году Змеиногорский каскад блестяще выдержал одно из серьёзнейших испытаний. Ливни, совпавшие с таянием снега, повредили многие гидротехнические сооружения на Алтае. Были прорваны плотины на Барнаульском и Павловском заводах, повреждена деривационная установка на Алейском свинцовоплавильном заводе. Но Змеиногорская плотина, построенная К. Д. Фроловым в 1786—88 гг., не пострадала от стихии.

В 1798 году К. Д. Фролов подал в отставку. Его освободили от руководства рудниками, но оставили членом Горного Совета Колывано-Воскресенских заводов. Ежегодно он ездил на заседания Совета в Барнаул, и во время одной из таких поездок, 21 марта 1800 года (нов. ст.), Козьма Дмитриевич Фролов скончался. Его похоронили на бывшем Нагорном кладбище Барнаула.

Гидросиловой подземный каскад в Змеиногорске своими размерами и простотой конструкции поражал многих специалистов-гидротехников. Его не раз описывали русские и иностранные специалисты, но все они не упоминали имени его строителя. Только в одной статье «Горного журнала» в 1827 году горный инженер Карпинский, работавший на Алтае под руководством П. К. Фролова, описав каскад, кратко изложил биографию К. Д. Фролова.

Ни один из дореволюционных историков техники не смог дать хотя бы краткий очерк строительства и эксплуатации уникального сооружения, созданного выдающимся русским инженером Фроловым. Для исследователей доступ в архивы Ка-

бинета был закрыт. Только советские историки дали правильную оценку каскада, осветили жизнь и творчество К. Д. Фролова.

Смерть К. Д. Фролова была большой утратой для русской техники. Его творчество нашло ряд продолжателей, работавших над совершенствованием каскада. Среди них выдающееся место принадлежит П. К. Фролову.

В 1808 году, находясь на Змеиногорском руднике, где он осуществлял строительство чугунной рельсовой дороги, Пётр Козьмич Фролов вместе с Михаилом Сергеевичем Лаулиным принял участие в реконструкции некоторых частей каскада.

За 22 года эксплуатации каскада река Змеёвка, ключи, впадающие в пруд, а также воды, стекающие во время дождей и весеннего таяния снегов с окрестных сопок, отложили в пруде большое количество наносов. Это вызвало некоторое обмеление пруда и создало угрозу засасывания илом места забора воды из пруда. Начало подземного канала, близкое к месту впадения в пруд Змеёвки, нужно было перенести на другое место. Это и было сделано под руководством П. К. Фролова. Подземный канал был перенесён ближе к плотине, а между ним и плотиной оставлена каменистая сопка. Новая подземная штольня канала соединилась со старым её направлением в районе въезда на плотину.

В 1804 году был разработан проект постройки на месте бывшей рудообогатительной фабрики на р. Корбалихе серебряно-плавильного завода. На территорию завода были перенесены фабрики, расположенные на канале каскада. Поэтому подача воды для шахтных машин могла начинаться непосредственно на Преображенской шахте. П. К. Фролов и М. С. Лаулин перестроили систему подачи воды. Из подземной штольни она поступала через деревянный ларь к наливному колесу рудо-подъёмника Преображенской шахты.

После этого на Змеиногорском каскаде осталось две ветви — одна на поверхности земли, другая — в руднике, под землёй. Обмеление пруда, вызванное образованием толстого слоя ила, грозило, во время весеннего паводка, размывом правого глинистого берега пруда. Для предотвращения этого нужно было либо очистить пруд, либо повысить плотину. Легче и проще было осуществить второй вариант, и в 1808 году плотина была повышена.

Описывая Змеиногорский каскад в 1827 году в «Горном журнале», Карпинский показал изменения, сделанные в 1808 году. В 1832 году каскад был описан в том же журнале А. Кулибиным. Кулибин приводит размеры всех частей машин и плотины. В его описании водоналивные колёса показаны значительно меньших размеров, чем они значатся в документах, подписанных лично К. Д. Фроловым. Возможно, что меж-



ду 1827 и 1835 годом был произведён ремонт колёс, размеры которых были велики в сравнении с выполняемой ими работой. Кто заменил колёса, в каком году каскад перестал действовать — пока остаётся неизвестным.

Несомненно, что каскад безостановочно работал до 70-х годов 19 века. Не исключена возможность, что его забросили в год закрытия Змеёвского завода — в 1893 году. Таким образом, каскад эксплуатировался, повидимому, свыше ста лет.

Змеиногорская плотина эксплуатируется и в наши дни. От неё из пруда подаётся вода к турбинам электростанции и для нужд небольшой установки, промывающей руду.

Последние измерения плотины были произведены под руководством академика В. В. Данилевского в 1938 году. Данные о состоянии плотины опубликованы в ряде трудов В. В. Данилевского. Он вынужден был производить анализ плотины натуральным обмером, потому что «какие-либо материалы о технике сооружения Змеиногорской плотины К. Д. Фролова не удалось разыскать ни в сибирских, ни в ленинградских архивах»<sup>1</sup>.

Мы уже отмечали, почему документ 1738 года является первоисточником. Но этот документ не посылался в Кабинет и остался в подлиннике со всеми чертежами в архиве Колывано-Воскресенских заводов.

Во всех своих работах В. В. Данилевский приводит современный профиль Змеиногорской плотины. Характеризуя его, он пишет: «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 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 идёт с заложением 1 : 1,35. Затем прослеживается небольшая берма (возможно, несколько оползшая, так как она не горизонтальна и её удаётся проследить не по всей длине плотины). С отметки 9,6 сухой откос идёт 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»<sup>2</sup>.

Мы располагаем архивными материалами в виде чертежа

<sup>1</sup> В. В. Данилевский. «История гидросиловых установок России до XIX века», стр. 155—156.

<sup>2</sup> Там же.

профиля и плана строительства плотины, составленными в 1788 году. Профиль плотины и её план представлены на чертеже 1835 года. На основе этих материалов, подробного описания хода строительства, в рапорте К. Д. Фролова на имя начальника заводов Качки от 22 июня 1788 года, а также обследований плотины, проведённых В. В. Данилевским в 1938—39 гг., можно проследить ход изменений профиля плотины.

В 1788 году плотина ещё не была закончена. «Мокрый откос» (верхний бьеф) был уже завершён, нужно было только закончить насыпку верхней части сухого откоса. На профиле ясно видно, как был «изломан» мокрый откос. Он представляет собою как бы вогнутую линию с тремя точками перелома. Самым круглым местом откоса была его верхняя часть от гребня плотины до уровня воды в пруде.

Далее откос шёл более полого (под углом 25 градусов). У основания плотины, в последних точках излома откоса, уклон переходит в почти горизонтальную поверхность дна пруда (в середине). Во время ликвидации течи в 1787—88 гг. плотина местами укреплялась камнем. Нам известно, что нижняя часть сухого откоса имела уклон в 32 градуса. Верхняя его часть была засыпана утрамбованной глиной в 1788 году, после составления чертежа.

Профиль плотины по чертежу 1835 года не похож на профиль 1788 года. Не найдя первоначального чертежа плотины, профиль вычертили по результатам наружного осмотра и данным ремонта в 1808 году. На чертеже 1835 года он изображён в виде равнобедренной трапеции. Мокрый откос показан в виде сплошной правильной каменной кладки, сухой имеет кладку, доходящую немногим более до половины высоты всей плотины. Верхняя часть откоса — глиняная.

Хотя чертёж 1835 года страдает неточностями, но, при сопоставлении с чертежами 1788 года и 1938—9 гг., он оказывает существенную помощь в решении ряда вопросов.

Сопоставляя все известные нам профили Змеиногорской плотины (1788 года, 1835 года и 1938—9 гг.), можно прийти к заключению, что совпадение высоты каменной кладки и «канала», забитого камнем на плане 1788 года, свидетельствует о том, что эта кладка была сделана К. Д. Фроловым. Излом «сухого откоса» произошёл вследствие осадки оползней и размыва дождевой водой после 1835 года.

Изменения «мокрого откоса» вызваны накоплением камней при его обсыпке, которую производили неоднократно за 150 лет эксплуатации плотины и производят в наши дни. Скатываясь, камни задерживались в вогнутой части откоса. Толстый слой камня предохраняет «мокрый откос» от разрушения.

Нельзя не согласиться, что «построенная К. Д. Фроловым

в 80 гг. 18 в. плотина очень хорошо сохранилась и представляет одно из наиболее интересных гидротехнических сооружений того времени<sup>1</sup>. Она и в наши дни служит промышленности. Это — одна из самых экономичных и прочных глиняных плотин в мире.

Змеиногорский каскад, построенный К. Д. Фроловым, сыграл большую роль в развитии горного производства на Алтае. Строительство каскада, как отмечалось выше, началось в годы кризиса горного дела, вызвавшего падение выплавки серебра. Снизив в 80-х годах 18 века выдачу руды до 1,5 млн пудов в год, Змеиногорский рудник в 1788 году начинает увеличивать добычу. Этот подъём быстро опередил высший уровень добычи до кризиса. В 1799 году рудник дал свыше 5 млн. пудов руды. В первом десятилетии 19 века рудник давал до 8 млн. пудов руды в год. В этом несомненная заслуга каскада, построенного К. Д. Фроловым — он дал возможность вести работы на всех горизонтах рудника.

Каскад значительно облегчил условия труда на руднике. По подсчёту К. Д. Фролова, машины каскада освободили уже в 1787 году от ручных работ 352 человека.

Змеиногорский каскад вывел рудник на первое в России место по механизации. И для мировой техники Змеиногорский каскад являлся образцовой установкой с гидротехническими сооружениями.

По типу Змеиногорского каскада в 18 и начале 19 века на Алтае было создано много установок. Рудничные сооружения по механизации подъёма руды и воды на Риддерском, Зыряновском и Черепановском рудниках, построенные в 20—30 годах 19 века, были созданы с учётом опыта работы Змеиногорского каскада.

Змеиногорский рудник являлся административным центром всех рудников Кольвано-Боскресенских заводов, и это способствовало популяризации каскада далеко за пределами Змеиногорской группы рудников.

Проектируя и строя каскад, К. Д. Фролов сделал много изобретений в области механизации горного производства. Он создал первую в мире высокоэкономичную гидротехническую силовую установку каскадного типа большой мощности. Каскад 1786—1797 гг. отличался от каскада, построенного К. Д. Фроловым на р. Корбалихе.

Основное отличие заключалось в том, что каскад 1786—97 гг. имел три отдельных ветви, каждая из которых, в свою очередь, являлась законченным каскадом. На одной из них действовала «пильная мельница» (лесопилка), рудообогатительная фабрика; на другой — кузница и механическая сортиров-

<sup>1</sup> Данилевский, цитированная выше работа.

ка руды; на третьей, подземной — рудоподъёмные и водоподъёмные машины. От одного потока воды, выведенного из пруда тремя ветвями-каскадами, работало восемь водоналивных колёс, диаметром от 2 до 8 сажен.

Каскад отличался от корбалихинского и тем, что одна из его ветвей и канал, питающий водою все установки, были проложены под землёй и не требовали в зимнее время никаких защитных приспособлений. Каскад действовал почти автоматически. Для его обслуживания требовался очень небольшой персонал.

К. Д. Фролов теоретически определил условия долговременной эксплуатации глинобитных плотин. В. В. Данилевский указывает: «Не исключена возможность, что тщательное изучение техники сооружения и отдельных технических приёмов Фролова может представить практический интерес»<sup>1</sup>.

Строитель современной глинобитной плотины может извлечь много полезного для себя, изучив работы К. Д. Фролова.

Глинобитная плотина в своём теле не должна иметь деревянных укреплений и прорезов. Это правило установил К. Д. Фролов. Должно стать незыблемым законом, что водослив и, в случае необходимости, водозабор располагаются вне тела плотины и, притом, отделяются от него твёрдой породой. Этот закон также установил К. Д. Фролов. Профиль созданной им плотины даёт самый удобный для накопления воды бассейн, позволяет путём обсыпки плотины камнем повышать её прочность. Закладка «каналов», предохраняющих от фильтрации и разрушения основание плотины, которую применил К. Д. Фролов, не потеряла значения и в настоящее время.

Змеиногорский каскад был не только гидросиловой установкой. Он включал все механизмы, необходимые для нормальной работы рудника. Только добыча руды, откатка и вентиляция рудника не были механизированы.

К. Д. Фролов изобрёл новые системы передачи движения от двигателя к машинам-орудиям. В ряде случаев регулировка работы двигателя осуществлялась с большого расстояния. Подземное Екатерининское рудоподъёмное наливное колесо управлялось с поверхности земли.

Змеиногорский каскад является крупнейшим памятником истории отечественной техники. Он принят на всесоюзный государственный учёт.

Величие К. Д. Фролова заключается в том, что он посвятил своё творчество служению родине, своему народу, что он стремился облегчить труд людей. К. Д. Фролов вписал новую страницу в историю мировой гидротехники. Отечественная

<sup>1</sup> В. В. Данилевский. «История гидросиловых установок России до XIX века», стр. 114.

гидротехника широко использует открытия К. Д. Фролова — в нашей стране каскады прочно вошли в систему строительства гидросиловых установок.

## МЕХАНИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА АЛТАЕ В 18 ВЕКЕ

Основными механизмами на металлургических заводах Алтая в первой половине 18 века являлись воздуходувные установки.

Дутьё воздуха в плавильные и очистительные печи производилось с помощью ящичных мехов. Около горнов плавильных, очистительных и обжигательных печей строились большие клиновидные ящики, которые сверху закрывались такими же ящиками — «крышками». Через клапаны, сделанные в дне нижнего ящика, воздух подавался в печи кожаными рукавами, деревянными окованными трубами, а позднее — механическими соплами.

Такие мехи устанавливались попарно. Они приводились в движение водоналивным колесом через кулаки, установленные на валу колеса, и рычаги с тягами. Когда крышки мехов поднимались вверх, они вбирали в себя воздух из нижних ящичков; когда опускались вниз, то вытесняли воздух в плавильные печи через клапан у начала рукавов. Несмотря на парную установку мехов, они не давали равномерного дутья.

В середине 18 века каждое водоналивное колесо обычно приводило в действие не более двух пар мехов. Поэтому на большом заводе строилось несколько водоналивных колёс. Только на некоторых заводах (например, Екатеринбургский на Урале) начали тогда строить установки, в которых одно колесо приводило в действие 12 и больше воздуходувных мехов. Но и в таких установках в каждую плавильную печь воздух подавался отдельной парой мехов.

В 1763 году И. И. Ползунов, проектируя универсальный тепловой двигатель, считал возможным применить его для механизации дутья. Преимущества воздуходувной установки И. И. Ползунова стали очевидны после того, как на Барнаульском заводе начал работать построенный им двигатель.

Двигатель, рассчитанный на обслуживание 15 плавильных печей, имел воздуходувку с двумя мехами обычного типа. Из этих мехов воздух поступал в печи, а в особый резервуар (ящик), названный изобретателем «воздушным ларём». Здесь воздух задерживался и в «ларе» создавался напор, смягчающий падение давления при изменении движения мехов. Из «ларя» воздух поступал в трубу, от которой шли отростки к каждой отдельной печи. Таким образом, в печи воздух поступал непрерывной струёй.

Преимущества воздуходувки Ползунова состояли в том, что подача воздуха для всех заводских печей была централизована, проходила равномерно, каждая печь получала воздух через одно сопло.

В воздуходувке И. И. Ползунова мы видим ряд элементов современных конструкций воздушного дутья в металлургическом производстве. Ползунов оставил без изменения лишь само устройство воздуходувных мехов, ограничившись увеличением их размеров. Интересные сведения по этому поводу приводит Эрик Лаксман в письме от 11 февраля 1765 года, в котором говорит: «...горный механик Иван Ползунов — муж, делающий истинную честь своему отечеству. Он строит теперь огненную машину, совсем отличную от венгерской и английской. Машина сия будет приводить в действие мехи или цилиндры в плавильнях, посредством огня».

Лаксман обучался в то время у Ползунова горному делу и был хорошо осведомлён о его замыслах. Письмо Лаксмана указывает, что в 1765 году Ползунов колебался, что ему взять за основу воздуходувного механизма — обычные на заводах ящичные мехи или новые по типу, неизвестные в практике заводского дела, цилиндрические мехи.

Воздуходувка Ползунова действовала вполне исправно на протяжении всех испытаний двигателя в 1765 году. Правда, ей пришлось подавать воздух всего в три плавильные печи, однако в её «воздушном ларе» было просверлено 12 отверстий. Таким образом, значительная часть её мощности осталась неиспользованной.

В отзыве о работе двигателя было подчёркнуто, что вследствие «бесперывного течения воздуха» он действует лучше, «нежели от вододействующих при плавильных печах машин». Ползунову принадлежит приоритет в создании первой в мире воздуходувки, централизующей подачу воздуха в плавильные печи. Он разрешил проблему равномерности воздушной струи при плавке руды.

В конце 18 века строители заводских воздуходувных установок исходили из принципов, предложенных Ползуновым. Изобретённый Ползуновым аккумулятор воздуха при дутье в печи стал неотъемлемой частью всех заводских воздуходувок 19 века.

В 18 веке на алтайских заводах внимание инженеров было направлено, главным образом, на усовершенствование гидротехнических установок. Поэтому строительство новых заводов на Алтае сопровождалось поисками новой конструкции плотин. В 70 годах 18 столетия были введены в строй действующих предприятий Павловский и Сузунский заводы. Плотины этих заводов по своей конструкции отличались от плотин Колыванского и Барнаульского заводов.

Различие заключалось в том, что водоспуски этих плотин, так называемые «сливные мосты», были вынесены за пределы заводской территории. Такая конструкция делала сами плотины менее опасными для заводов в случае их прорыва, а затем давала возможность более рационально использовать заводские площади. Весной 1793 года вода прорвала плотину Павловского завода. Несмотря на большое наводнение, завод не пострадал, так как водосброс («сливной мост»), находящийся в стороне от заводской площадки, отвлёл от завода основную массу воды. Серьёзная опасность, угрожавшая заводу от наводнения, была устранена. После весеннего наводнения 1793 года, при ремонте плотины Барнаульского завода, её водосброс был также вынесен за пределы заводской территории.

Опыт строителей Сузунского и Павловского заводов учёл строитель Томского железоделательного завода Дорофей Фёдорович Головин. Томский завод начал строиться в 1771 году, через 8 лет после закладки Павловского завода. К этому времени построенные К. Д. Фроловым гидроустановки на Змеиногорском и Семёновском рудниках стали широко известны алтайским гидротехникам. Опыт постройки этих плотин также был учтён Д. Ф. Головиным.

Гидротехническая установка Томского завода представляла собою своеобразный каскад. Головин расположил три водоналивных колеса, последовательно уменьшая их диаметр, вдоль ларевого прореза. Правда, вода, использованная одним колесом, не поступала на следующее за ним, так что каскада, в полном смысле слова, не получилось. Однако до 1771 года подобного расположения водоналивных колёс в практике не встречалось.

В 1773 году Д. Ф. Головин получил задание построить близ Семёновского рудника свинцовоплавильный завод. В 1766 году начальник Колывано-Воскресенских заводов Порошин намечал здесь построить завод с тепловым двигателем Ползунова. В то время считали, что речки около Семёновского рудника непригодны для установки водоналивного колеса.

В 1774 году Головин закончил строительство завода на р. Алее, отчего и завод получил название Алейского. Это был первый металлургический завод в России с деривационной гидросиловой установкой.

Д. Ф. Головин проектировал строительство завода, находясь на Змеиногорском руднике, где в это время действовали две деривационные установки — лесопилка, построенная Ползуновым, и каскад на р. Корбалихе, построенный К. Д. Фроловым. Влияние этих установок на творчество Головина было настолько велико, что он почти точно скопировал один из корбалихинских «похверков». На Алейском заводе был применён тот же тип лёгкой плотины для повышения уровня во-

ды в начале канала, те же изгибы канала, какие применил К. Д. Фролов на р. Корбалихе.

Силовая установка Алейского свинцовоплавильного завода положила конец теории о непригодности деривационных сооружений для России. Все установки этого типа на Алтае показали своё преимущество перед старыми плотинами: они работали не хуже старых, средства, затраченные на их сооружение, быстрее окупались, они требовали меньших затрат на ремонт, нежели плотины.

Год строительства Алейского завода стал поворотным пунктом в стройке гидросиловых установок. В дальнейшем на Алтае на всех гидротехнических установках заводского и рудничного типа применялись деривационные сооружения. И. И. Ползунов, К. Д. Фролов и Д. Ф. Головин доказали, что в условиях Сибири они не только применимы, но являются наиболее рациональными.

При постройке Томского железоделательного завода была сделана попытка впервые на Алтае механизировать литейное дело. Строитель завода Д. Ф. Головин в 1770 году проектировал, среди других заводских механизмов, сооружение, которое назвал: «Две связи, между которыми будет блок для подъёму и подвесу тяжёлых вещей»<sup>1</sup>.

Головин намечал между двумя параллельными брусьями, укрепленными под потолком литейной, перемещать блок на подвижной каретке. Литейные формы должны были располагаться по обе стороны этого прообраза мостового крана, параллельно направляющим. Подъёмник конструкции Головина должен был доставлять от горнов расплавленный чугун, поднимать из форм остывшее литьё и относить его в сторону. Длина брусьев устанавливалась в 3 сажени (около 6,5 м). Подъёмник позволял увеличить ширину литейной до 14 сажен.

Так как Томский завод предназначался для литья и последующей обработки инструментов и частей механизмов, то ручная разливка металла в этих условиях была бы крайне обременительной для литейщиков. Подъёмник, способный переносить изделия вдоль литейной, значительно облегчил бы труд литейщикам.

Рассматривая проект, начальник Кольвано-Воскресенских заводов Ирман внёс в него ряд изменений. Он отказался от подъёмника, проектируемого Головиным. Отказ мотивировался тем, что «пристройки к доменному горну от нагорной стороны подъёмнику на три сажени, якобы для литья чугунных припасов, Канцелярия никакой в том совершенной надобности не признаёт, а токмо почитает за излишнее в ширине оного распространение... сверх сего и литьё припасов на всех заво-

<sup>1</sup> АКГА, ф. 1, оп. 2, д. 372, л. 535.



дах производится при самом выпуске, а не в стороне доменного горна»<sup>1</sup>.

Ирман приказал уменьшить ширину литейной до 10 сажен, подъёмник не строить, а вместо него поставить плющильные станки.

Так был похоронен проект Головина. Это явилось новым свидетельством косности Кабинета, не видевшего нужды в механизации, не желавшего улучшить положение мастеровых. Любое изобретение, облегчающее труд крепостных, вводилось лишь тогда, когда у руководства заводами находились русские люди. Душителю всего прогрессивного Ирман за всё время своей работы на Колывано-Воскресенских заводах не реализовал ни одного изобретения.

Впервые механизацию литейных работ осуществил на Сузунском заводе Михаил Сергеевич Лаулин. В октябре 1798 года он перестраивал ряд фабрик Сузунского завода и построил у медеплавильных печей механизм для разлива меди. У корпусов этих печей он укрепил поворотные краны, на концах которых были подвешены на цепях желоба, по которым расплавленный металл направлялся в изложницы. Изложницы располагались «по дуге для удобства разлива в них металла». Изобретение Лаулина повысило качество литья, а сам процесс литья значительно сократился.

В 1798 году и в первой половине 1799 года М. С. Лаулин построил такие же механизмы на Барнаульском сереброплавильном заводе. Позднее он механизировал разлив серебра на Павловском заводе. Механизмы Лаулина применялись также на Сузунском заводе.

Металлургия Алтая рано начала пользоваться лабораторным анализом. Уже в начале второй половины 18 века на Барнаульском заводе имелась химическая лаборатория, производившая анализ продукции всех плавильных печей. Это давало возможность улучшать технологию цветной металлургии. Лаборатория Барнаульского сереброплавильного завода существовала до ликвидации алтайских заводов, и в 19 веке обслуживала все заводы и рудники Алтая.

По инициативе лаборатории Барнаульского завода был проведён опыт по переплавке шлаков. В 1768 году Порошин, промыв и раздробив большую партию шлаков, установил, что в пуде шлака содержится до 3-х золотников серебра. Это указывало, что в первой половине 18 века в шлаках оставалось при первоначальной плавке большое количество серебра. Достаточно сказать, что на протяжении первой половины 19 века на Змеиногорском руднике добывались руды с содержанием от 2 до 2,8 золотников в пуде. Вопрос об обогащении и пере-

<sup>1</sup> АКГА, ф. 1, оп. 2, д. 372, л. 536.

плавке шлаков был поднят, таким образом, своевременно. Но «сей опыт происходил перед окончанием его, г-на начальника заводов, начальствования и так остался не dokonченным»<sup>1</sup>.

Опыты Порошина производились в лаборатории Барнаульского завода. Их результат имел большое хозяйственное значение. В указанном выше документе говорится: «при господине Ирмане случилось в один год моровое поветрие на лошадей, а потому и умалилась возка руд с рудников до того, что не было надежды за недостатком руд при заводах и годовую пропорцию серебра выполнить, но сей ревностный и распорядительный начальник, предвидя то... имевшие (ся) в Барнауле наличные руды доставил в ближайший завод, а хранящие (ся) соки (шлак) прежних лет переплавляемы были и тем выполнена годовая пропорция»<sup>2</sup>.

Ирман вспомнил об опыте Порошина тогда, когда заводам грозила остановка из-за нехватки руды. Но, несмотря на различные результаты, в дальнейшем только некоторые горные инженеры продолжали работу по обогащению и переплавке шлаков. Заводское начальство рассматривало шлаки, как отходы производства. Ими крепили берега, засыпали ухабы на дорогах, мостили улицы, ремонтировали плотины. Таким образом, богатые серебром шлаки были варварски израсходованы на всех заводах Алтайского округа.

В 1782 году на р. Алее, в месте крутого поворота этой реки, называвшегося «локтем», был построен завод, получивший название Локтевского. В то время его неправильно именовали серебropлавильным. Он не выплавлял серебро из руды, а только обжигал её, повышая процент содержания серебра. Затем уже продукция Локтевского завода поступала на Барнаульский и Павловский серебropлавильные заводы для окончательной очистки.

В 1795 году построили второй такой же завод — Гавриловский, в районе Салаирского рудника. Его продукция также проходила окончательную очистку на Барнаульском и Павловском заводах. Таким образом, деривационные гидросиловые установки дали возможность строить заводы возле рудников. Но Кабинет применял эти сооружения только на небольших предприятиях, предназначенных для обжига и первичной плавки руды.

Локтевский и Гавриловский заводы положили начало разделению плавильных операций между заводами, специализируя каждый из них на определённой операции. Но эта специализация не была доведена до конца. Богатые серебром руды попрежнему поступали на Барнаульский и Павловский

<sup>1</sup> АКГА, ф. 1, оп. 4, д. 89, л. 40.

<sup>2</sup> АКГА, ф. 1, оп. 4, д. 89, л. 41.

заводы без предварительной обработки. Но даже и эта частичная специализация заводов способствовала облегчению транспортных работ.

Во второй половине 18 века заводы Алтая начали переходить на новый вид топлива — каменный уголь. Профессор А. А. Зворыкин в опубликованной в 1950 году лекции «Первооткрыватели каменноугольных бассейнов СССР» пишет: «Лишь в 70-х годах XVIII в. началась добыча углей в Кузбассе. Первая штольня была пройдена в 1771 г. на левом берегу реки Кондомы, ниже устья реки Кинерки».

Это месторождение начало эксплуатироваться в год первоначальных пробных плавов на Томском заводе, которым руководил Д. Ф. Головин. Источники 18 века свидетельствуют, что на Томском заводе каменный уголь применялся наряду с древесным топливом. В 90-х годах 18 века на этом заводе одна плавильная печь работала исключительно на каменном угле.

С 1771 по 1830 год завод применял для плавки чугуна каменный уголь. В 1830 году завод начал переходить на коксовую плавку. Применение каменного угля сокращало расход древесного топлива и облегчало труд крестьян, занятых на обжиге угля.

Приведённые выше материалы о развитии механизации на Колывано-Воскресенских заводах свидетельствуют, что алтайские металлурги и механики вписали немало замечательных страниц в историю отечественной металлургии.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА НА АЛТАЕ В 18 ВЕКЕ

Транспортировка руды от рудников к заводам, доставка топлива, а также внутризаводской транспорт представляли собою весьма трудоёмкие и дорогостоящие работы на Колывано-Воскресенских заводах в 18 веке. Естественно, что проблема сокращения перевозок и усовершенствования транспорта привлекала к себе внимание многих русских изобретателей.

Большой вклад в решение этой проблемы внесли И. И. Ползунов и К. Д. Фролов.

В первой половине 18 века Колывано-Воскресенские заводы пользовались для доставки грузов смешанным — гужевым и водным транспортом. От рудников грузы гужевым транспортом доставлялись до пристаней на рр. Алее и Чарыше. Отсюда они по рр. Алею, Чарышу и Оби сплавлялись до Барнаула. Зимой замёрзшие реки превращались в своеобразные трактовые дороги, по которым двигались обозы. Суда ещё с осени вытаскивались на берег.

Подъём судов на берег проводился примитивным способом. К месту подъёма сгоняли из окрестных деревень крестьян, и они канатами вытаскивали из воды судно вместе

с грузом. Весенний паводок снимал суда с берега и они продолжали прерванный путь. Таким же способом поднимались суда и для ремонта.

В 1759 году И. И. Ползунов предложил устанавливать на дне реки деревянные настилы, на которые можно было бы заводить суда «без подъёма», и после спада воды приступать к их ремонту. Это предложение не было принято.

В 1757 году И. И. Ползунов предложил заводу ежегодно строить по две коломенки, чтобы пополнять тоннаж флота.

В 1757 году он разработал проект о средствах связи и способах сигнализации на судах во время нахождения их в пути, в 1759 году провёл удачный опыт по ускорению разгрузки судов путём введения сдельной оплаты. Отсюда видно, что И. И. Ползунов немало потрудился над усовершенствованием сплавного судоходства.

Со второй половины 18 века сплавное судоходство по Алею и Чарышу было прекращено. Осталась судоходной только р. Чумыш, по которой сплавляли изделия Томского завода. Предложения Ползунова о пополнении флота и о внедрении сдельной оплаты труда на разгрузочных работах не были приняты администрацией заводов. Таким образом, водные перевозки занимали небольшое место в общем объёме заводских перевозок.

Большую роль в механизации внутризаводского транспорта играли транспортёры, которыми К. Д. Фролов оснастил рудообогатительные фабрики на р. Корбалихе. В дальнейшем этот способ получил широкое распространение на рудниках Алтая. Транспортёры конструкции К. Д. Фролова являлись составной частью конвейерных подъёмников руды на Змеиногорском руднике. К. Д. Фролов намечал применять транспортёры для механизации откатки руды, проект которой он разработал, но не осуществил.

В рудниках были построены так называемые «лежневые» дороги или «лежневые» колеи. Они были очень несложны: в руднике настилались деревянные брусья — лежни, по которым двигались тележки, гружённые рудой. Наряду с лежневыми, существовали и ролевые дороги.

Ролевые дороги также представляли собою деревянные настилы с низенькими бортами, придававшими тележкам устойчивость. Для передвижения по ролевым дорогам применялись тележки с обычными колёсами, тогда как «лежневые» дороги требовали колёс особой конструкции.

Лежневые и ролевые дороги известны на Алтае ещё с 18 столетия. Один из первых проектов ролевой дороги был составлен в 1752 году «для постройки на Чагирском руднике для спуска с горы руды в амбар».

Судя по чертежу, опубликованному в книге В. В. Данилевского «Русская техника», дорога шла наклонно по склону горы. Настилы укладывались на сваи и крепились перекладинами. Парные настилы располагались так, что по ним могли одновременно ходить две тележки.

Весьма простым по своему устройству был механизм, приводивший в движение тележки. У верхнего конца дороги был установлен вал с тормозным колесом. С обеих сторон на вал наматывался канат, концы которого расходились в противоположном направлении. К этому канату прикреплялись тележки. При вращении вала один конец разматывался, а другой наматывался на вал, и гружёная тележка опускалась, а порожняя поднималась по настилу на гору.

Дорога не нуждалась в двигателе. Тележка, поднятая канатом на поверхность, нагружалась рудой. В это время её удерживало в неподвижности тормозное колесо. Как только нагрузка заканчивалась, тормоз ослабляли, и тележка скатывалась вниз к окну в стене амбара силой собственного веса и приводила в движение вал и тормозное колесо. Вал, вращаясь, поднимал в это время вверх пустую тележку.

Преимущества ролевой дороги заключались в её простоте. Она не требовала точных расчётов при прокладке, по ней могли ходить любые вагонетки. Но, вместе с этим, она требовала большего количества материалов и быстрее подвергалась износу, нежели «лежневая» дорога. Ролевая дорога не может иметь поворотов, так как в этом случае на её борта будет действовать большая сила. Ролевые дороги существовали на Алтае даже в 20—30-х гг. 19 века, когда, наряду с лежневыми, начали строить и рельсовые пути.

В 1778 году Фёдор Савельевич Ваганов механизировал откатку руды на Семёновском руднике. Он устроил тележку для выкатывания руды с помощью каната, наматываемого на ворот. Ворот приводили в движение 8 «рабочих людей». Тележка, с грузом более чем 50 пудов, перемещалась на расстоянии 70 сажен (около 150 м). В сравнении с прежними способами откатки, дорога Ваганова «лучший успех» имела, как о том сказано в отзыве горного начальства.

В 1783 г. К. Д. Фролов разработал проект строительства трёх лежневых дорог, каждая из которых имела по две колеи. Все три дороги должны были обслуживаться одним водоналивным колесом. Вагонетки должны были двигаться независимо друг от друга в различных направлениях.

Регулировка движения вагонеток должна была осуществляться храповыми механизмами. Грузоподъёмность одной тележки составляла 50 пудов руды. Общая длина всех дорог равнялась 325 м. По расчётам К. Д. Фролова, производитель-

ность трёх дорог в сутки составляла 9 600 пудов руды. Они могли заменить 64 откатчика.

Но проект К. Д. Фролова о строительстве сети лежневых дорог на Змеиногорском руднике не был осуществлён.

## РУДНИЧНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МЕХАНИЗМЫ

Творческая мысль русских инженеров, работавших на Алтае в 18 веке, настойчиво искала новых способов улучшения производственного процесса.

На строительстве Змеиногорского каскада К. Д. Фролов применил новый способ крепления подземных выработок. Он заменил дерево каменными плитами или гранитом в местах, требующих повышенной прочности. Каменное крепление укладывалось особым способом. До К. Д. Фролова этот способ не применяли нигде в мире. За границей каменное крепление подземных выработок начали практиковать только в начале 19 века. Таким образом, К. Д. Фролов является автором этого способа крепления.

Каменное крепление оправдало надежды своего автора — оно оказалось очень прочным. До сего времени подземные выработки Змеиногорского рудника, укрепленные К. Д. Фроловым, не требуют дополнительных креплений.

До К. Д. Фролова для спуска в рудник устраивали вертикальный шахтный ствол, с узкой деревянной лестницей, лишённой перил. К. Д. Фролов устроил широкие лестницы, которые вели вглубь шахты через наклонные штольни. Свои лестницы К. Д. Фролов назвал «гипотенузными ходами».

Рудничные сооружения, построенные на Алтае в 18 веке, сохранялись длительное время. В Змеиногорске и сейчас имеются остатки каскада — ворота штангового механизма, деревянные трубы с железными обручами, по которым поднималась вода. Такие трубы применялись К. Д. Фроловым с 1764 года. Очевидно, он познакомился с ними ещё на Уральских заводах. Некоторые американские историки техники утверждают, что подобные трубы изобретены в Америке в середине 19 века. Это утверждение свидетельствует лишь о том, что американцы в деле использования деревянных труб для водопровода отстали от русских изобретателей почти на целое столетие.

В конце 90-х годов 18 столетия на Риддерском руднике была построена деривационная установка для механизации подъёма воды. Расстояние от места забора воды до бассейна составляло 717 сажен. Вода поступала из реки в бассейн по каналу, а оттуда подавалась на водоналивное колесо через деревянную четырёхстороннюю трубу. Для предохранения трубы от замерзания в зимнее время, она была проложена

внутри деревянного сарая. Около сарая «с наружной стороны построены в трёх местах избушки с печками, с накладыванием на них камней, которые в зимнее время отапливаются и теплота из них пушается во оный сарай».

Эта установка, автор и строитель которой остались неизвестны, действовала до 1823 года.

\* \* \*

Русские изобретатели, работавшие на Колывано-Воскресенских заводах в 18 веке, двинули далеко вперед развитие отечественной техники.

Впервые в мире на Алтае появились заводы-автоматы, каскадные гидротехнические установки, рельсовые пути с двигателем — водяным колесом. На Алтае родились выдающиеся изобретения 18 века — универсальный тепловой двигатель, центральные воздуходувные установки, конвейерные подъемники руды, автоматически действующие пожарные машины.

Русским изобретателям приходилось выдерживать жестокую борьбу с иноземными специалистами, которые пытались затормозить развитие отечественной техники, опорочить творчество русских инженеров. Кабинет и царское правительство в этой борьбе неизменно принимали сторону иностранцев, выказывая пренебрежение к отечественной культуре.

И. И. Ползунов, К. Д. Фролов и другие русские изобретатели страстно любили свой народ. Они не искали никаких выгод для себя, их стремление состояло в том, чтобы всемерно облегчить труд простого человека.

Творчество русских изобретателей вооружило промышленные предприятия на Алтае самой передовой в мире техникой. Но крепостной строй служил неодолимой преградой для роста технического прогресса. Даровой труд крепостных был значительно дешевле машинного, и потому технические новшества медленно внедрялись в производство. Так крепостной строй, косность и жадность царского Кабинета, его нежелание двигать вперед технический прогресс уже в 18 веке создали условия, в последующем породившие падение горного производства на Алтае.

---

## ТВОРЧЕСТВО НОВАТОРОВ РУССКОЙ ТЕХНИКИ НА АЛТАЕ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 19 ВЕКА

### ГОРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО НА АЛТАЕ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 19 ВЕКА

Процесс развития горного дела на Алтае в первой половине 19 века можно разделить на четыре периода. В первом десятилетии продолжался рост производства. Во втором десятилетии начался застой, сменившийся в 1817 году кратковременным периодом расцвета, продолжавшимся немногим более 10 лет. 30-е годы вошли в историю горного дела на Алтае, как период полного застоя. В это время развивалось только камнерезное производство. Застой продолжался до начала т. н. «крестьянской реформы», то есть до 1861 года. За эти 30 лет горное производство и металлургия Алтая пришли в упадок и, пережив затяжной кризис в 60—90 гг., в конце 19 века были ликвидированы.

Развитие горного производства на Алтае протекало так же, как и развитие всей русской промышленности в 19 веке. Как указывал В. И. Ленин, крепостное право, служившее основой процветания русской промышленности в докапиталистический период, с развитием капитализма превратилось в оковы, сдерживавшие промышленное развитие России.

Ленин указывал, что «то же самое крепостное право, которое помогло Уралу подняться так высоко в эпоху зачаточного развития европейского капитализма, послужило причиной упадка Урала в эпоху расцвета капитализма»<sup>1</sup>.

«Главной причиной застоя Урала было крепостное право; горнопромышленники были и помещиками и заводчиками, основывали своё господство не на капитале и конкуренции, а на монополии и на своём владельческом праве», — писал Ленин<sup>2</sup>.

Ленинский анализ причин застоя уральской промышленности целиком относится к Алтаю, где вся промышленность

<sup>1</sup> Ленин. Соч., том 3, стр. 424, изд. 4.

<sup>2</sup> Ленин. Соч., том 3, стр. 425, изд. 4.



принадлежала крупнейшему помещику и заводчику России — царю, где исключалась какая бы то ни было конкуренция, где на огромную территорию, равную по своим размерам современной Швеции, распространялась монополия царского Кабинета.

К началу 19 века дали себя знать последствия хищнической эксплуатации недр Алтая. Некогда богатейший Змеиногорский рудник в два раза снизил содержание серебра в руде. Чтобы продолжать эксплуатацию Змеиногорского рудника, необходимо было механизировать добычу руды и изменить технологию её плавки. Подобной реконструкции требовали и остальные предприятия Алтая.

Естественно, что техническое усовершенствование заводов и рудников влекло за собою затрату средств. Кабинет, не желая уменьшать свои доходы, отказывался от технического перевооружения промышленности, от рациональных способов ведения хозяйства, и предпочитал действовать старыми методами.

Так, вместо того, чтобы улучшить способы эксплуатации Змеиногорского рудника, Кабинет решил усилить разработку ещё не истощённых Зыряновского и Риддерского рудных месторождений. Они были ещё более удалены от заводов, чем Змеиногорский, и потому транспортировка руды на заводы была сопряжена с ещё большими трудностями. Но Кабинет не остановился перед этими трудностями, ибо даровой труд крепостных крестьян делал возможным столь уродливое размещение промышленности.

И всё же Кабинет, при всём своём нежелании развивать технический прогресс, вынужден был идти на некоторое усовершенствование производства, дабы сохранить свои доходы. Начало 19 века ознаменовано строительством ряда новых предприятий и попытками улучшить организацию горного производства.

В 1804 году на территории Змеиногорского рудника началось строительство сереброплавильного завода, законченное в 1810 году. После пуска этого завода Локтевский завод должен был изменить свой профиль. На нём намечалось организовать законченный цикл выплавки серебра из обогащённой руды. Строительство Змеиногорского и реорганизация Локтевского заводов должны были приблизить новые Зыряновский и Риддерский рудники к заводам.

Вместе с этим Кабинет не считал нужным сократить объём производства на Барнаульском и Павловском сереброплавильных заводах. Таким образом, объём встречных перевозок руды и свинца не сокращался, а возрастал, что увеличивало объём барщинных работ.

В начале 19 века в районе Салаирского рудника был построен Гурьевский завод, предназначенный, как и соседний с ним Гавриловский, для плавки и обжига серебряной руды, которая для окончательной очистки поступала отсюда на Барнаульский и Павловский заводы.

Салаирская группа рудников не могла полностью загрузить два завода. Поэтому Гурьевский завод проработал над обогащением серебряной руды всего четыре года, и в 1819 году был переоборудован в чугунолитейный и железодельный.

На Барнаульском заводе длительное время продолжались опыты по извлечению серебра из руды посредством ртути. Эти опыты не дали результатов.

Выше уже указывалось, что транспортировка руды и других грузов явилась чрезвычайно трудоемкой работой. Проблема транспорта в начале 19 столетия стала решающей в улучшении горного дела. В 1800—1809 гг. было положено начало механизации транспорта путём строительства первой в России чугунной рельсовой дороги между Змеиногорским рудником и Змеиногорским заводом. Это строительство составляло часть грандиозного проекта прокладки рельсовых путей на Алтае, которые, в сочетании с речным транспортом, должны были полностью решить проблему транспорта. Однако вступивший в 1809 г. в управление заводами Эллерс не счёл нужным завершить начатое строительство.

Эллерс являлся ярким противником технического прогресса. Несмотря на то, что дальнейшее развитие горного производства настойчиво требовало переоборудования рудников и заводов, Эллерс похоронил ряд ценных изобретений. Такое пренебрежение техникой со стороны Эллерса привело к тому, что за 8 лет его хозяйничанья на Колывано-Воскресенских заводах они пришли в полный упадок. Даже Кабинет, при всём его благожелательном отношении к иностранцам, вынужден был в 1817 г. отстранить Эллерса от руководства Колывано-Воскресенскими заводами и назначить на его место Петра Козьмича Фролова.

П. К. Фролов руководил Колывано-Воскресенскими заводами до 1830 года. За это время он расширил производство чёрных металлов, обеспечил заводы местным свинцом, изменил технологию металлургических процессов, механизировал металлообработку, значительно сократил поток встречных перевозок.

П. К. Фролов основал на Алтае писчебумажное, полиграфическое и коксовое производства. Он всячески поддерживал творческие искания русских инженеров. П. К. Фролов нашёл среди мастеровых немало талантливых изобретателей и рационализаторов, помогал им, а некоторых из них выдвинул на

командные должности и добился присвоения им офицерских званий.

Высоко образованный человек, П. К. Фролов содействовал росту культуры и просвещения на Алтае. Он основал в Барнауле музей, метеорологическую станцию, горное училище, театр, в Горной Кольвани — художественное училище. Он заботился о пополнении книжных фондов Барнаульской, Змеинойгорской, Локтевской и других библиотек. Барнаульское горное училище стало лучшим в России средним техническим учебным учреждением. П. К. Фролов архитектурно украсил Барнаул, создав здесь центральную площадь.

Но после отставки П. К. Фролова его деятельность нешла продолжателей. В царской России его заслуги перед отечественной техникой не получили даже должной оценки.

После 1830 г. прекратилось новое строительство. Оборудование заводов и рудников не обновлялось, работы по механизации прекратились. Все эти обстоятельства послужили одной из основных причин застоя горного дела в 1836—1857 годах.

Застой 1817—1830 гг. углублялся ещё политикой Кабинета, нашедшего оригинальный способ поднять доходы, пошатнувшиеся вследствие уменьшения добычи серебра. Кабинет передал Кольвано-Воскресенские заводы в аренду министерству финансов, которое обязано было ежегодно выплачивать царю сумму, равную стоимости 1 000 пудов серебра.

Если заводы выплачивали меньше 1 000 пудов серебра, то арендатор покрывал недостающую сумму из своих средств. Если же выплавка превышала установленный размер, то излишек не оставался в распоряжении арендатора, а расходовался по указанию царя.

Так владелец Кольвано-Воскресенских заводов обеспечил себе высокий и, притом, равномерный доход, не считаясь с убытками, которые выпали на долю арендатора, — министерства финансов. При таком положении владелец заводов не был заинтересован в поднятии их производительности.

В свою очередь и арендатор не проявлял заинтересованности в судьбе Кольвано-Воскресенских заводов. Министерство финансов было озабочено лишь одним — любыми способами выколотить из заводов сумму, равную арендной плате. Поэтому оно хищнически эксплуатировало предприятия, не вкладывая средств в их техническое усовершенствование.

Стремясь увеличить добычу серебра без затраты средств на механизацию производства, министерство финансов усилило эксплуатацию крепостных, мастеровых и крестьян. Если во времена П. К. Фролова барщина снизилась до 60 процентов прежней нормы, то после 1830 года она выросла до 160 процентов этой нормы.

В 1828 году была узаконена подрядная система отработ-

ки барщины. Она ещё больше ухудшила положение крепостных, а для подрядчиков и чиновников открыла новый источник наживы.

В деревне усилилось расслоение крестьян. Вместе с ростом богатой части крестьянства, эксплуатирующей бедноту, увеличилось число хозяйств, вовсе не имевших запашки, а также число крестьянских дворов, не имевших в личном пользовании продуктивного скота.

В 1807 году на Урале государственные крестьяне были освобождены от выполнения заводских работ. Из числа приписных к заводу крестьян заводчик мог только в зимнее время использовать определённое число т. н. «обязательных работников». Этот закон не был распространён на Колывано-Воскресенские заводы, ибо приписные на Алтае были фактически крепостными крестьянами своего помещика-царя.

Застой горного производства вынудил Кабинет искать новые источники для повышения доходов царского поместья на Алтае. Ещё в 1828 году территория Горного Алтая вплоть до китайской границы была включена в состав царского имения. Алтайцы не были обращены в барщинных. Их обложили «ясаком» — данью в виде мехов, скота и т. п., который целиком поступал в пользу царя и приносил, безо всяких затрат, огромную прибыль. Как бы подчёркивая значение Горного Алтая, как доходной статьи, Николай I в 1834 году переименовал Колывано-Воскресенские заводы в Алтайские. Во второй половине 19 века территория всего царского поместья на Алтае стала официально именоваться Алтайским горным округом, а после ликвидации заводов в 1893—97 гг. — Алтайским округом.

Особое положение занимало на Алтае камнерезное производство. В 1817—1830 гг. Колыванская шлифовальная фабрика была оснащена новым оборудованием. Она не перешла в аренду министерству финансов и осталась в ведении Кабинета. Фабрика работала, главным образом, на нужды царского двора, загужавшего её достаточным количеством заказов. Крепостной труд, даже при низком уровне техники, давал возможность выполнять чрезвычайно трудоёмкие работы, связанные с обработкой алтайских поделочных камней. Застой горного дела привёл к постепенному снижению производства Колыванской фабрики, что в конце 19 века вызвало упадок камнерезного искусства на Алтае.

В 1800—1830 гг. русские инженеры, работавшие на Колывано-Воскресенских заводах, сделали ряд выдающихся изобретений. Опережая на многие годы достижения капиталистической техники, алтайские изобретатели продолжали славные традиции И. И. Ползунова и К. Д. Фролова. Но лишь немногие из разработанных ими изобретений нашли применение

в производстве. Большинство из них было похоронено в архивах царского Кабинета.

## ПЕРВАЯ РУССКАЯ ПАРОВАЯ ТУРБИНА

В начале 19 века универсальный тепловой двигатель типа поршневых паровых машин завоевал всеобщее признание. Паровая машина получила широкое распространение и стала применяться во всех отраслях промышленности. В этот период в конструкцию паровых машин было внесено много изменений, направленных на повышение их экономичности.

Но строители и конструкторы паровых машин не стремились создать новый тип теплового двигателя, хотя ещё в 17 столетии итальянец Бранки предложил двигатель, приближавшийся по принципам своего устройства к паровой турбине.

Паровые машины начала 19 века были тихоходными. Это их качество возводилось в достоинство, якобы придающее им прочность и надёжность в работе. Опытные установки прообразов турбин в лабораториях показывали, что пар, давя на лопасти колеса, сообщает ему огромную скорость, какой не знала техника того времени. Возможно, что это обстоятельство в известной мере вызывало опасения и служило причиной того, что машиностроители не проявляли интереса к турбинам.

Поэтому большого внимания заслуживает проект паровой турбины Поликарпа Михайловича Залесова, разработанный им на Салаирском руднике Колывано-Воскресенских заводов и представленный 13 ноября 1806 года начальнику заводов В. С. Чулкову. Турбину Залесов предназначал для механизации водоподъёма на Салаирском руднике. В первоначальном проекте он только наметил отдельные детали машины и указал их назначение. Но и в таком виде проект даёт возможность оценить смелость мысли изобретателя.

Залесов указывал, что на Салаирском руднике при помощи конных машин ежедневно из глубоких выработок поднималось «до 40 000 вёдер (воды — Н. С.) на высоту 36 сажен или около того, т. е. до устья штольни». Конные машины требовали затраты больших средств. Их обслуживало большое количество людей. «Уважая сие (т. е. расходование средств и труда — Н. С.) и самое изнурение животной силы, связанной с их уроком», П. М. Залесов просил разрешить ему «заняться устройством паровой на место конных машины».

Как и его славы предшественники — И. И. Ползунов и К. Д. Фролов, Залесов преследовал благородную цель — облегчить труд людей.

Развивая идеи Ползунова, Залесов не повторял созданную им теплосиловую установку. В то же время он не стал на путь копирования известного ему опыта строительства турбин

в Европе. Хотя он и называет свой двигатель «паровой машиной», но сразу же пишет, что она будет «в новом роде, нежели как они до сего известны».

Основным достоинством своей «паровой машины» П. М. Залесов считал то, что при её эксплуатации «не потребно будет дальнего (т. е. долговременного — Н. С.) устройства и аккуратнейшей обработки, с чем соединены сии машины, но человек посредственных сведений в состоянии будет устроить и управлять оною».

Машина была действительно проста. Описывая её конструкцию, Залесов указывал: «при предполагаемой мной машине котёл будет деревянный с металлической железной крышкою, чем отвратит прогорание котла и перемены оного, что к действию машины делает остановку». Залесов знал о судьбе двигателя Ползунова, который был остановлен из-за прогорания медного котла.

На первый взгляд покажется странным применение дерева, как материала для устройства котла, и неясным, как изобретатель хотел избежать «прогорания котла» при нагреве воды. По материалам, приложенным к проекту, можно сделать заключение, что топка в деревянной установке должна была помещаться внутри котла, не касаясь его стенок. Загрузка топлива могла производиться через железную крышку.

По проекту двигатель представляется в таком виде: «вместо цилиндра и медных приборов будет деревянное колесо в подобие водяного наливного и пар, пущенный из котла, будет действовать ударом на перья колеса».

Не поршневую паровую машину, являвшуюся основой западной энергетики, не «огненную машину» системы Ползунова, а новый тип универсального теплового двигателя — активную паровую турбину намечал построить П. М. Залесов на Алтае. Тем самым он вписал в историю развития отечественной техники ещё одну замечательную страницу.

Идея и принцип машины были не новы. Они были известны ещё в 17 веке. Новым было то, что П. М. Залесов считал возможным этот забытый тип двигателя приспособить для работы на руднике, вытеснив конные машины. Конструкция турбины Залесова соответствовала уровню техники Колывано-Воскресенских заводов.

Создавая проект турбины, П. М. Залесов не мог подкрепить свои расчёты какими-либо теоретическими положениями. Поэтому он считал необходимым «на первый случай сделать действующую модель», на которой удостовериться в правильности своих расчётов. Для постройки модели он попросил, чтобы в его распоряжение были направлены «знающих слесарное дело до четырёх человек и один чертёжник, знающий ма-

тематику, которые могли быть употреблены и к большой машине».

Чулков разрешил Залесову сделать модель турбины, а затем привезти её в Барнаул с подробным описанием и сметой. Но людей для постройки модели он не дал.

Части к модели изготавливались на Сузунском заводе. 23 декабря 1806 года Сузунская заводская контора рапортовала Чулкову: «Во исполнение повеления Вашего Превосходительства от 4 числа сего месяца... сделанные при здешнем заводе господином берггешвореном Залесовым к паровой машине модели в приложенной при сем росписи вещи с машинным учеником Меншениным представляются». В «росписи» были упомянуты такие части модели: «кадочка деревянная, окованная железом, с медною крышкою — 1, печка железная с трубою — 1, цилиндров медных — 2, колесо железное — 1». Не трудно видеть, что «кадочка деревянная» служила котлом, печка — топкой, цилиндры — насосами.

В январе 1807 г. П. М. Залесов доложил начальству заводов: «К делу паровой машины модели я приступил, но с признательностью моею сказать должен, что слесарей здесь совсем нет, кроме одного, и то малознающего...» Залесов просил «для опытной, равно и большой и заливной при пожарах машин... трёх слесарей и одного знающего литейное дело».

На этот раз Чулков удовлетворил просьбу изобретателя. 17 января 1807 года из Барнаульского завода в помощь Залесову были направлены «слесарный ученик» Андрей Шелковников, «бергауер» Михайло Артамонов, из Змеиногорского рудника «машинный ученик» Дмитрий Портнягин и из Сузунского завода инструментальный подмастерье Иван Бичетов. С этими кадрами П. М. Залесов начал строительство действующей модели.

13 марта 1807 года П. М. Залесов рапортовал, что «дело модели паровой машины приходит к окончанию». Он просил разрешения лично привезти модель в Барнаул для показа. В рапорте он указывал, что ему хотелось, по пути в Барнаул, посетить Томский завод, ибо его присутствие на этом заводе было необходимо «для осмотра готовых членов к большой машине».

Строительство турбины Залесов вёл в условиях заводского производства. Главные детали модели изготавливал Сузунский медеплавильный завод, детали к «большой машине», т. е. к рабочей части турбины, изготавливал Томский железодельный завод. Чулков 16 марта 1807 года разрешил Залесову избрать для поездки в Барнаул нужный ему маршрут.

Но Залесов не смог выехать в Барнаул в марте 1807 года. 3 апреля того же года он подал рапорт, в котором, сообщая об окончании постройки действующей модели турбины и её

испытаниях, подробно изложил своё мнение об установке и строительстве «большой паровой машины». Опыты с моделью протекали, вероятно, удачно и подняли настроение изобретателя. Он доносил также о положении дел на руднике.

Залесов сообщал, что «притечение воды в руднике ещё не беспокоит и лошади без изнурения продолжают отливку оной, в рассуждении чего я надеюсь и упадок им не может быть ощутителен в сравнении с протекшим годом». Это обстоятельство сыграло роль в судьбе первой русской турбины.

Излагая свои соображения об установке турбины, Залесов указывал, что место для неё надо отвести «при шахте прочной и надёжной на будущее время». Из трёх основных шахт Салаирского рудника Залесов выбрал Соймоновскую, которую считал необходимым углубить на 30 сажен.

По его подсчётам, во время действия машины её котёл требовал «на место испаряющейся воды... чистой воды до 14 000 кубических футов в сутки. Горная же вода кроме купоросного своего свойства неудобна и тем, что слишком мутна и, следовательно, по качеству своему будет засаривать и разъедать котёл». Залесов нашёл источник чистой воды в районе строительства турбины. «К сему назначаю я ключ в западной стороне от Соймоновской шахты в двухсот тридцати саженьях. Его должно запрудить плотиною и привести штольнею воду, которая (штольня — Н. С.) будет длины до 180 сажен и выйдет в 8 сажённой глубине Соймоновской шахты».

Залесов намерен был установить турбину внутри горных выработок на глубине 8 сажен (17 м) от поверхности земли. И в этом он продолжал идеи Ползунова, считавшего целесообразным устанавливать тепловые двигатели в глубине шахты.

Для подачи воды в котёл Залесов предполагал соорудить деривационную установку. Силовая установка Залесова напоминала деривационные сооружения, введённые в практику К. Д. Фроловым. Но, вместе с тем, она значительно отличалась от гидросиловых установок. Она была подземной теплосиловой станцией, а поэтому не нуждалась в плотине и большим запасе воды в пруде.

В проектах П. М. Залесова отсутствует описание многих частей его турбоустановки. Неизвестно, например, как он предполагал отводить отработанный пар, передавать движение от вала турбины к насосам, имел ли намерение строить кожух для турбины и т. п. Но и того материала, которым мы располагаем, вполне достаточно, чтобы оценить значение опытов Залесова.

Залесов просил выделить ему для строительства турбины 130 человек. Он писал: «я крайне сожалею что всего сего прочное и обстоятельное сличения не упредил». Сожалея, что он не мог предвидеть объём строительных работ ещё в ходе



проектирования, считая, что он вынужден просить большое количество людей и материалов, П. М. Залесов оправдывал эти затраты тем, что «хотя устройство паровой машины временно и многого потребует расхода во времени и припасе, но впоследствии можно будет избавить 100 человек и 120 лошадей каждодневно от работы, поелику по сделанному расчёту на отлив воды, поставку сена и возку оного с поля причтается в прошлом году по 135 человек и 130 лошадей».

Рапорт Залесова был получен в Барнауле после смерти В. С. Чулкова. Ответ на предложение Залесова дал исполнявший обязанности начальника Колывано-Воскресенских заводов Бер. В своём заключении он указывал, что «приятно видеть, что у вас по руднику и заводу остаётся благополучно и выливка воды производится без изнурения лошадей». В ответ на сообщение Залесова о том, что модель турбины готова и он намерен приступить к строительству большой турбины для механизации водоподъёма, Бер писал:

«Всё сие может очень хорошо. Но, взяв вместе, составляет, повидимому, довольно работы, не говоря о постройке самой машины. Следовательно, покуда сделанная вами модель на самом действии не будет по настоящему рассмотрена, до того времени приступить к чему-либо дальнейшему кажется совсем нельзя». Бер указывал Залесову, что он должен руководствоваться указаниями Чулкова, т. е. доказать начальному результату работы модели возможность постройки турбины, представить смету и лишь затем приступить к строительству.

В архивном деле П. М. Залесова имеется документ, датированный 11 марта 1813 года. Он писал начальнику Колывано-Воскресенских заводов Эллерсу: «По приказанию Вашего Высочородия паровая машина, которую вы изволили видеть в Барнауле, мною переделана и с нею вместе построена ещё другая. Обе действуют от одного котла и установлены на одном станке. Та и другая чрез соединение махового колеса с колленчатым валком, при ходе поршня  $\frac{3}{4}$  фута, таскают по 40 раз в минуту тягости по 10,5 пудов, так что сила паров равняется двойному с третью давлению атмосферы и давления сего причтается на каждый квадратный дюйм плоскости цилиндра до 39 фунтов».

Залесов не указывает, для каких целей он построил действующие модели паровых поршневых машин. Он выполнял распоряжение начальника завода и, видимо, знал заранее, что дело ограничится только изготовлением моделей.

Приведённые Залесовым расчёты свидетельствуют, что рабочий ход поршня каждой модели составлял около 22,5 см, площадь поршня имела 93,75 кв. см, а машина развивала мощность около 0,76 лошадиной силы. По имеющимся данным,

в начале 19 века в лучших паровых машинах поршень делал в минуту до 20 ходов. Залесов добился большей быстроходности, так как поршни в цилиндрах моделей «таскали по 40 раз в минуту тягости». Вероятно, это были обычные паровые машины двойного действия, которые имели только общий котёл.

Паровые машины на Алтае начали применяться на частных заводах во второй половине 19 века. Следовательно, машины Залесова не применялись в горном производстве.

Значение творчества П. М. Залесова заключается в том, что он, развивая идеи И. И. Ползунова об универсальном тепловом двигателе, в период увлечения поршневыми машинами один из первых в мире разработал конструкцию нового типа тепловых двигателей — паровой турбины. Он дал расчёт турбины для промышленных целей, а также предложил поставить теплосиловые установки в недрах рудника, на большой глубине от поверхности земли.

Имя выдающегося паротехника — Поликарпа Михайловича Залесова, сына мастерового Барнаульского завода, воспитанника Барнаульского горного училища, должно быть поставлено на одно из первых мест в плеяде имён творцов паровых турбин.

Не имеет существенного значения то обстоятельство, что турбина Залесова не нашла применения в производстве, что она имела ряд недостатков. Залесов был зачинателем нового дела. К нему целиком можно отнести следующие слова И. И. Ползунова: «И хотя правда, что новых и полезных дел начинателям не всегда вдруг делается удача, однако таковых усилый свет не почитает продерзкими, но мужественными и великодушными».

## ПАРОВЫЕ МАШИНЫ СИСТЕМЫ С. В. ЛИТВИНОВА

Одним из выдающихся открытий первой половины 19 века в области теплотехники является закон о коэффициенте полезного действия идеальной паровой машины. Этот закон применим и для любой теплосиловой установки. Он был открыт французским учёным Садди Карно в 20-х годах 19 века. Современники Карно не придали значения его труду, и он получил признание лишь со второй половины 19 века.

Карно доказал, что всякий тепловой двигатель будет тем экономичнее, чем большей будет разность температур его рабочего вещества до и после использования в двигателе. Следовательно, чем выше температура пара в котле паровой машины и чем ниже температура в конденсаторе или у отработанного пара, тем большим будет коэффициент полезного действия машины.

Конструкторы паровых поршневых машин в первой поло-

вине 19 века определяли режим работы парового двигателя, не имея соответствующих теоретических положений. Конструкторы чисто опытным путём создали ряд новых деталей, установили ряд новых законов действия универсальных поршневых паровых машин. Но всё же они не далеко ушли от паровой машины Уатта.

Главная задача, над решением которой трудились строители поршневых машин, состояла в повышении экономичности парового двигателя.

Самая экономичная поршневая паровая машина была сконструирована в 20-х годах 19 века сыном барнаульского канцеляриста, Степаном Васильевичем Литвиновым. Изобретения С. В. Литвинова не были оценены Кабинетом. Чертежи и расчёты его паровых машин стали известны только в наши дни, когда их удалось разыскать в архивах кабинета Колывано-Воскресенских и Нерчинских заводов.

В Алтайском краевом архиве хранится проект паровой машины, созданный им примерно в 1828 году.

Указав в пояснительной записке на широкое распространение паровых машин, конструкция которых «доведена до высокой степени совершенства», С. В. Литвинов писал: «Если бы было возможно определить истинное достоинство паровых машин, то можно бы было иметь в том успех и на самом деле. Желательно ожидать такового идеала, но между тем не будет излишним довольствоваться пользою и выгодами, какие более сокращёнными путями открываются».

Литвинов сознавал, что теория тепловых двигателей ещё бедна, и потому поиски высокопроизводительных экономичных поршневых машин надо вести «сокращёнными путями», то есть опытным путём, не дожидаясь разработки соответствующих теоретических законов. Литвинов не был знаком с законом Карно, и, работая над проектами своих машин, он должен был найти тот принцип повышения полезного действия паровой машины, который открыл французский учёный Карно.

С. В. Литвинов стремился создать такую паровую машину, «которая против ныне известных отличается многими изменениями, для лучшей удобности в постройке, обиходе и обращении при самом действии оной с значительным уменьшением на то расходов».

Указывая, что его машина может действовать в любое время года и на любом месте без какого-либо специального устройства для подведения воды, Литвинов утверждал, что в его машине «главное преимущество состоит в способе образования паров ограниченою мерою воды», ставя впервые в мире вопрос о повышении экономичности паровых машин не только путём экономии топлива, но и путём экономии воды, как источника парообразования.

Предложенный им способ образования пара он считал наилучшим потому, что вода в котле новой конструкции, находясь «в пределах расширенного объёма и во всех прикосновениях окружае(мая) огнём... самым умеренным его разведением, приобретая с большой скоростью высокую степень теплоты, готовится только на произведение подлежащего процессу; когда же часть сей воды в упругосжатом состоянии понудится выступить из одного вместилища в другое, содержащее один свободный теплород, то присутствие одного с грубым стремлением пристава к первопринятому водою будет умножать и расширение и упругость оной».

Вторым основным достоинством своей машины он считал «выгодную возможность обращать пары от первого их эффекта к давлению на поршень в другом увеличенной меры цилиндре», т. е. посылать отработанный пар из первого парового цилиндра не в конденсатор и не в атмосферный воздух, а во второй паровой цилиндр больших размеров.

«Таковые способы образования паров и употребления их при машинах на двойное действие доставят в сгораемой для содержания потребности ощутительное сбережение, которое везде и во всяком случае есть предмет, обращающий всеобщее внимание». Экономия топлива, которую Литвинов называл «сгораемой потребностью», а также экономия воды составляли основу проекта. Все детали теплосилового установок были сконструированы Литвиновым так, что они наилучшим образом отвечали требованиям экономии.

Основными частями теплосилового установок Литвинова являлись топка, котёл, рабочие цилиндры, конденсатор, механизм передачи движения и автоматика паро-водораспределения. Литвинов разработал два типа паровой поршневой машины — одноцилиндровую и двойного расширения пара. Отличаясь одна от другой некоторыми деталями, обе эти машины свободно размещались в двухэтажном здании высотой в 7,5 м, с площадью пола в 25,4 кв. м.

Топка котельной установки делилась на три части. Нижняя, отделённая от остальных наклонными колосниками, названа Литвиновым «зольником». Она имела дверку «для выгребания золы», могущую служить поддувалом.

Затем шла собственно топка, с которой соединялось цилиндрическое пространство, в котором располагались части котла и дымовая труба, такая же, как у обычных печей. В собственно топку вела дверка «для накладывания дров».

От котельных установок 19 века конструкция Литвинова отличалась ещё и тем, что все части котла, исключая клапаны, находились внутри кирпичной топки, что предохраняло их от потери тепла через излучение. В то же время их со всех

сторон подогревало как пламя сгорающего топлива, так и газы, образующиеся при сгорании.

Паровой котёл системы Литвинова отличался от всех известных до него. Без преувеличения можно сказать, что подобных котлов паросиловые установки не имели даже в начале 20 столетия.

Он состоял из двух частей, названных Литвиновым «водокалителем» и «парообразователем». «Водокалитель» представлял собою два ребристых, вытянутых в длину, металлических сосуда, сообщаемых между собою в грани горизонтальных рёбер. Он имел в сечении форму двойного креста. В рёбрах находились полости, заполненные водою. В центре каждого сосуда проходила цилиндрическая труба для пропуска топочных газов.

Нижняя часть «водокалителя» образовывала свод первого топочного «канала» для пропуска топочных газов. Через переход, расположенный в конце канала, газы направлялись в боковые каналы, находившиеся между стенками топки и горизонтальными рёбрами и проходившие через внутренние цилиндрические трубы. Пройдя по этим каналам, топочные газы снова поднимались вверх и между верхним сводом кирпичной кладки и верхней поверхностью водокалителя выходили наружу через дымовую трубу.

Вода, заполнявшая полости в рёбрах водокалителя, со всех сторон подвергалась действию горячих газов и пламени и, быстро нагреваясь, не имея свободного выхода, повышала давление в котле вследствие расширения и внутреннего парообразования. «Каление» воды продолжалось до тех пор, пока она своей упругостью не открывала клапан в трубе, соединяющей «водокалитель» с полым металлическим цилиндром «парообразователя», расположенного в верхнем «канале» топки между двумя верхними рёбрами «водокалителя».

Заполненный вначале только воздухом, «парообразователь» под действием топочных газов нагревался. Достаточно было попасть сюда из «водокалителя» воде, имевшей уже высокую температуру, как она тотчас превращалась в пар.

Пар удерживался в парообразователе вторым клапаном, «значение коего состоит в том, чтоб не допускать при сильном оном стремлении уносить с собою воду в цилиндр или как вода вступя только из водокалителя... должна быть уже в состоянии паров, но пары сии, проходя по раскалённому парообразователю, с некоторым чрез означенный клапан удержанием, приобретут более упругости по свойству их от избытка теплоты переходить даже в воздухообразное состояние». Парообразователь Литвинова является, таким образом, первым в мире пароперегревателем.

Выйдя из пароперегревателя («парообразователя»), пар

направлялся в рабочий цилиндр и приводил в действие машину. Тогда начинал действовать «вододавящий насос», питающий водой «водокалитель». Он взбрызгивал воду в парообразователь, и потому во всех частях котла устанавливался непрерывный поток воды и пара. Котёл системы Литвинова является первым в мире прямоточным котлом, подающим в цилиндр паровой машины перегретый пар.

Собственно паровая машина располагалась рядом с котлом на кирпичном фундаменте, на котором укреплялись болтами «чугунные лежни». На концах лежней устанавливались четыре чугунных столба, служившие опорой для «доски, окружённой для постоянности карнизом». На этом возвышении располагались цилиндры паровой машины и водяного насоса, установленные посередине переднего края «доски». За ними устанавливался вал махового колеса и эксцентрик паро-водораспределителя.

На чугунных лежнях, под «доской», на подшипниках находился балансир. Специальные «бабки для механизма, доставляющего отвесное движение всем тягам, от баланса проведённым», также были укреплены на лежнях и заменяли параллелограмм Уатта. «Бабки» служили не только направляющими для вертикальных тяг, но и подшипниками вспомогательных валиков, от которых шли шатуны к штокам поршней. От вала балансира движение передавалось кривошипным механизмом к валу махового колеса и распределительного механизма, регулирующего подачу воды и пара.

Площадь поршня первого парового цилиндра составляла 137,5 кв. см, а его ход — 45 см. Он не имел паровой рубашки. Шток проходил в нижней крышке поршня через сальник с металлической набивкой. От золотниковой коробки внутрь цилиндра шли два канала. «Вредное пространство» в цилиндре не превышало 2 см.

Одинаковые по своему устройству золотниковые коробки парового цилиндра и цилиндра водяного насоса располагались симметрично. Золотники были коробчатыми, плотно прилегающими к стенкам коробок. Пар и вода, поступающие в золотниковые коробки, при движении золотника попадали поочередно в каналы. Когда в один из каналов поступал пар, то второй канал, соединяясь с внутренней полостью золотника, направлял в него воду из цилиндра, и наоборот.

Золотники насоса и парового цилиндра были сочленены общим стержнем, от которого шли тяги к маленькому балансиру, получавшему колебательное движение от шатуна, связанного с эксцентриком.

Так как водяной насос был расположен ближе к оси большого балансира, то давление поршня на воду в его цилиндре было значительно больше, чем давление пара в паровом ци-

линдре. Поэтому вода, поступавшая из насоса в «водокалитель», легко преодолевала давление сжатой в нём воды и пара в «парообразователе».

Движения поршней насоса и парового цилиндра были согласованы. Скорость движения поршня была втрое меньше скорости движения цилиндра, и потому рабочий ход поршня насоса был равен 15 см. Площадь поршня насоса равнялась 4,9 см, и за каждый ход поршня насос подавал в котёл около 75 куб. см воды.

Отработанный пар поступал в конденсатор, «состоящий из 16 рядов трубок, положенных в резервуаре воздушной машины». Не желая расходовать воду для конденсации пара, Литвинов решил «сгущать пары» холодным воздухом от воздуходувных мехов, приводившихся в действие машиной. Его конденсатор, следовательно, был первым в мире конденсатором воздушного охлаждения, получившим широкое применение в современных машинах. Из конденсатора («паросжимателя») вода поступала в цилиндрический сосуд — отстойник, откуда водяной насос подавал её в «водокалитель». Литвинов первым в мире предложил использовать для питания котла чистый конденсат пара.

Конденсатор с баком — отстойником и воздуходувные мехи располагались на втором этаже здания. Пол этого этажа опирался на балки, уложенные на столбы, не связанные со стенами, что содействовало уменьшению вредных сотрясений при действии машины.

Машина двойного расширения существенно отличалась от описанной выше паровой машины, предназначенной, в основном, для заводских воздуходувок. Имея котёл, паровой цилиндр высокого давления и водяной насос такого же устройства, как у одноцилиндровой, машина двойного расширения на верхнем этаже имела второй паровой цилиндр с площадью поршня в 418,75 кв. см при ходе в 45 см. В его золотниковую коробку подавался из первого цилиндра отработанный пар. Тяги к поршню от балансира были самостоятельными, что даёт право называть эту машину компаунд-машиной (монокомпаунд). Движение золотника регулировалось тем же механизмом, следовательно, с помощью одного эксцентрика действовали одновременно три золотника.

Машина имела всего один воздуходувный мех, специально предназначенный для обслуживания конденсатора. Воздух подавался в две параллельно расположенные деревянные трубы, в которых находились уложенные в шесть рядов металлические трубы, принимавшие отработанный пар из цилиндра низкого давления.

Литвинов понимал, что теплота, отданная паром воздуху, является потерей. Чтобы предотвратить потери, он предложил

«находящий от сего процесса тёплый воздух проводить в зимнее время на согревание мастерских комнат». Следовательно, Литвинов первым в мире выдвинул идею теплофикации.

Конденсат пара собирался в цилиндрический вертикальный сосуд, расположенный между этажами здания. Этот сосуд имел водомерное стекло, позволяющее регулировать подачу воды в замкнутую систему всего цикла, дополняя её при неизбежных потерях на испарение, сведённое к минимуму. Воздух из этого цилиндра удалялся особым воздушным насосом, установленным на верхнем этаже здания. Конденсат подавался водяным насосом в котёл.

Так как воздушный насос выталкивал из цилиндра водяной пар, что приводило к потере воды и тепла, Литвинов погружал отводную трубку насоса в особый бассейн с водой. Таким образом, уровень воды в сборнике конденсата оставался неизменным.

В здании, предназначенном для установки компаунд-машины, пол верхнего этажа опирался на чугунные опоры, идущие от чугунных лежней и фундамента машины. Балансир двигателя был укорочен и облегчён, а привод к машинам—орудиям должен был осуществляться ремённой передачей от махового колеса.

Воздушный насос, по мысли Литвинова, должен был уменьшить противодействие давлению пара на поршень второго цилиндра. Литвинов указывал, что машина «двойного действия» будет обладать повышенной мощностью. Он писал, что «если... пар (при прохождении из парообразователя для первого действия с давлением в 5 атмосфер) имеет будет (между поршнями первого и второго цилиндров — Н. С.) упругости, по среднему содержанию, против одной атмосферы, то упругость сия, удерживая первый поршень, произведёт такой же упор и на второй поршень, из коих у одного площадь равна 22, а у другого 67 кв. дюймов, почему в потере при первом поршне давления 330 фунтов, приобретается при втором 1 000 и разность между оными числами 670 фунтов есть приращение машинной силы».

По данным Литвинова, общая мощность установки равнялась 18 лошадиным силам. Он предполагал что в его машине поршни будут в одну минуту совершать «60 подъёмов кверху и 60 падений книзу каждый». Учитывая, что в моделях паровых машин Залесова, имевших рабочее давление в  $2\frac{1}{2}$  атмосферы, поршни совершали в минуту 40 рабочих ходов в одном направлении, можно признать правильными расчёты Литвинова.

Машина Литвинова по своей быстроходности не имела равной в мире. Она отличалась высокой экономичностью в рас-



ходовании топлива и воды и простотой в управлении, так как полностью была автоматизирована.

Но и эта конструкция не удовлетворяла С. В. Литвинова. Он дополнил свой проект «прибавлением», в котором писал, что «при паровых машинах обращать пары от первого их действия на второй способ, изображённый на чертеже 7-м, более может иметь успеха». «Этот способ» внёс ряд существенных изменений в конструкцию компаунд-машины.

Оставив неизменными почти все её части, Литвинов коренным образом переделал систему питания котла водой, изменил путь следования пара в цилиндры, а также изменил назначение ряда деталей.

«Лучший способ» использования паров «на двойное действие» заключался в том, что «на водокалитель поставлен небольшой чугунный котёл, коего дно по всей своей длине занимает кирпичный свод печи, (он — Н. С.) подвергаться будет действию огня при проходе оного от очага к дымовой трубе». На чертеже этот чугунный котёл поставлен выступами дна на ребро водокалителя. В образовавшемся таким образом цилиндрическом канале для прохода топочных газов помещён, как и прежде, «парообразователь». Объём дополнительного котла равнялся 0,22 куб. м.

Этот котёл должен был заполняться водой с расчётом, чтобы она «не превышала средний канал первого парового цилиндра, сообщённый с сим котлом трубкою, по которой, при действии машины, пары, исходящие из цилиндра, в градусе превышающем кипение, с соответствующей тому градусу упругостью..., проходя через воду, в оном содержащуюся, будут производить... как собственно своим расширением, так и действием отделяющейся от оных теплоты, непрерывное возобновление паров настоящей упругости».

Следовательно, Литвинов, помимо нагрева дополнительного котла топочными газами, предложил нагревать воду отработанным паром, поступающим из цилиндра высокого давления. В современной технике такой способ нагрева воды в котлах носит название регенерации или отбора пара. Прибор или часть котла, в которой происходит явление регенерации, называется регенератором. Первым в мире С. В. Литвинов разработал идею регенерации пара и сконструировал первый в мире регенератор (дополнительный котёл).

Какую цель преследовал он при этом? Вот его ответ: «Засим нельзя уже отвергать того, что означенные пары, проходя от котла по трубке ко второму цилиндру, иметь будут на поршень оного неизменяемое давление и что всякая упругость их награждает паровые машины новою существенною пользою».

В новой машине оба цилиндра, сохранив те же размеры, что и в одноцилиндровой, имели общую систему парораспре-

деления, были связаны с одним и тем же балансиром, но питались от различных котлов. Первый цилиндр получал пар из прямооточного котла, второй — от котла-регенератора. Таким образом, эту установку можно представить в виде агрегата из двух паровых машин различного давления пара.

Регенератор отличался от котлов Ползунова, Залесова и других системой подогрева. Вода в этом котле нагревалась отработанным паром от машин высокого давления. Конструкцию такого котла предложил котлотурбинный институт имени Ползунова в 1948 году. Проект Литвинова был обнаружен в архивных документах также в 1948 году.

Литвинов изменил и систему питания котлов. «По расположению сему назначается, чтоб вододающий насос принимал воду из того же парорасширяющего котла, которая потому, приходя в водокалитель в градусе кипения, состояния теплоты в оном ослаблять не будет; от чего также ожидать можно некоторую выгоду на счёт употребления сгораемой потребности».

Из регенератора вода подавалась в прямооточный котёл посредством насоса. Тем самым регенератор служил для прямооточного котла своеобразным экономайзером (прибор, в котором вода подогревается перед подачею в котёл топочными газами). Первый в мире экономайзер, изобретённый Литвиновым, в свою очередь, одновременно служил паровым котлом для цилиндра низкого давления.

Весьма удачно решил Литвинов задачу питания водою регенератора. Из парового цилиндра отработанный пар поступал в воздушный конденсатор, а конденсат скапливался в цилиндрическом сосуде с водомерным стеклом. Воздушный насос, создающий вакуум в этом сосуде, Литвинов заменил водяным. Он должен был нагнетать воду, пар и воздух, скапливающиеся в сборнике конденсата, в замкнутый цилиндрический сосуд, установленный на втором этаже.

Таким образом, каждая из трёх машин, сконструированных С. В. Литвиновым, значительно отличалась от всех современных ему паровых машин.

Современники Литвинова даже не смогли понять его предложений. Царский Кабинет, куда был послан проект из Нерчинска, оказался несостоятельным в его оценке. Кабинет послал проект на отзыв в Нерчинск. В Нерчинске не оказалось человека, способного дать заключение, а сам Литвинов в то время (1829 год) был сослан на Кольвано-Воскресенские заводы.

Из Нерчинска копия проекта со всеми приложениями была направлена на отзыв в Барнаул, а подлинник без всякого заключения был возвращён Кабинету и положен в архив. Начальник Нерчинских заводов писал на имя начальника Колы-

вано-Воскресенских заводов: «Не благоугодно ли будет препоручить г. берггешворену Ярославцеву, вероятно, более искусному и опытному в механике, нежели что здесь доказал г. Литвинов».

Это утверждение противоречило истине. Литвинов, работая на Петровском заводе, показал себя прекрасным инженером. Он успешно выполнил ряд ответственных поручений по механизации заводов. Не желая принять на себя строительство машины, руководство Нерчинских заводов просило: «если предположено будет соорудить сию машину (в Барнауле — Н. С.), то допустить к тому и здешних мастеровых, дабы они с составом и механизмом оной познакомились на самом деле».

Начальником Алтайских заводов являлся в то время П. К. Фролов. Он уже подал в отставку и ожидал нового начальника и, тем не менее, в день получения проекта приказал: «Чертежи препроводить на рассмотрение и заключение г. Ярославцеву».

В январе 1830 года П. Г. Ярославцев возвратил проект со своим отзывом П. К. Фролову, который направил копию заключения Ярославцева начальнику Нерчинских заводов. Проекты Литвинова и вся переписка по этому делу была сдана в архив Колывано-Воскресенского горного начальства, где они пролежали до 1948 года.

В своём отзыве Ярославцев сравнивает машины Литвинова с лучшими паровыми машинами Англии, известными Ярославцеву по его заграничной командировке в 1818—1821 гг.

Ярославцев писал: «По описанию... значится паровой котёл или им, господином Литвиновым, называемой водокалитель, какового водокалителя, или парового котла, я ни в чертежах ни в самой натуре не видал, хотя имел счастье быть в Англии и видеть, как горных рудоподъёмных и водоналивательных, равно заводских цилиндрических воздуходувных, толчейных и паровых машин и самоаккуратнейшую машину — сухопутный паровоз, или самодвижущую, и при таковой аккуратнейшей машине не имеет(ся) такового расположения, как ныне представляется чертежом господина Литвинова на устройство паровой машины».

И действительно, на протяжении всего 19 века не было такой машины, какую предлагал Литвинов. Отзыв Ярославцева — новое подтверждение того, что Литвинов первым в мире предложил прямоточный котёл и ряд новых деталей паровой машины.

Сравнивая машины Литвинова с паровыми машинами новейшей конструкции, Ярославцев указывал, что недостатками машины Литвинова являются отсутствие специального отверстия для чистки котла, наполнение водою всего пространства «водокалителя», «от чего не видно парам нигде места рожде-

ния». Это замечание Ярославцева станет понятным, если учесть, что на всех паровых машинах котлы наливались водою на одну треть, и верхняя часть служила для «рождения и нахождения паров».

Ярославцев признал недостатком, что вода в водокапитель подаётся «не самопроизвольно, а посредством вдавливающего насоса», и описал, как наполнялись водой котлы лучших паровых машин Англии: «Как у продчих машин делается: на высоте бассейн от 2-х до 3-х сажен, с коей высоты пропускается трубкой... в котёл». Далее идёт описание автомата-регулятора уровня воды в котле, причём даже у Ползунова этот регулятор был значительно лучше устроен, чем в «продчих» машинах, описываемых Ярославцевым. Ни воздушный конденсатор, ни «двойное действие» пара в цилиндрах не считал Ярославцев необходимыми для лучших паровых машин.

Ярославцев пришёл к выводу: «Как видно из всего, что господин Литвинов мало был знаком с заводскими делами, так равно и с паровыми машинами, что сделанные им чертежи — или непонимание настоящего дела, или секретство».

П. Г. Ярославцев был талантливым инженером, изобретателем ряда рудничных и заводских машин с гидротехническими установками. Его сооружения сыграли большую роль в развитии техники на Алтае. Но он плохо знал паровые машины. Единственная теплосиловая установка, которую он лично построил, была бездействующей моделью первого в мире теплого двигателя И. И. Ползунова.

Сравнение английских машин 20-х годов 19 века с машинами Литвинова, как об этом говорит доклад Ярославцева, оказалось далеко не в пользу англичан. Машина Литвинова опередила и американскую новинку начала 19 века — машину Эванса.

Машины Литвинова, являющиеся теплосиловыми каскадами, по своей конструкции и принципам действия приближаются к бинарным установкам, наиболее совершенным машинам 20 столетия.

Идеи Ползунова оставили глубокий след, на них воспитывались изобретатели, работавшие в Барнауле.

В Барнаульском горном училище учились изобретатель первой русской турбины П. М. Залесов и строитель первой заводской паровой машины на Урале Афанасий Вяткин. Построенная им паровая машина в 1815 году была удостоена специально выбитой медали. Сын мастерового Барнаульского завода Н. Г. Смирнов известен как строитель паровых машин для арсеналов Петербурга и Варшавы, получивших отличную оценку.

Все они трудились над задачей, поставленной И. И. Ползуновым: «Огонь слугою к машинам склонить».

Изобретатель теплосилового каскада, монокомпаунд паровой машины, прямоточного парового котла, воздушного конденсатора, экономайзера, регенератора пара и многих других деталей паросиловых установок, новатор, первый в мире высказавший идеи теплофикации, — Степан Васильевич Литвинов занимает почётное место в плеяде выдающихся изобретателей и новаторов русской техники.

## ПЕРВАЯ РУССКАЯ РЕЛЬСОВАЯ ДОРОГА

Начало 19 века ознаменовано выдающимися изобретениями в области механизации транспорта. Это был период смелых поисков таких видов транспорта, которые наилучшим образом удовлетворяли бы потребностям бурно развивающейся капиталистической промышленности. Она не могла далее довольствоваться старыми путями сообщений, она расширяла рынки сбыта своей продукции и настоятельно нуждалась в быстром транспорте, не зависящем от стихийных сил природы.

Морской и речной транспорт представлял надёжное и удобное средство сообщения. Но парусные и гребные суда были тихоходны и обладали малой грузоподъёмностью. Конный транспорт по своей дороговизне и тихоходности также отстал от развития промышленности.

Россия с её необъятными просторами нуждалась не менее других стран в рационализации и механизации транспорта. Из одного конца страны в другой тащились бесконечные обозы, летом бурлаки тащили вверх по рекам караваны барж. Особенно остро стоял вопрос о механизации транспортных работ в промышленных районах. Урал, поставлявший своё железо всему миру, вынужден был в качестве подъездных путей к морским портам использовать реки и каналы, и потому в зимнее время грузы застревали на стоянках барж.

Ещё в худшем положении с транспортом находился Алтай. Единственным средством связи с остальными районами страны для Колывано-Воскресенских заводов являлся гужевой транспорт. Оценивая состояние транспорта на Алтае, Фролов в 1806 году писал: «Все транспорты в Колывано-Воскресенских заводах, производясь сухим путём, составляют главный расход в оных»<sup>1</sup>.

После того, как построенный в 1804—1810 гг. Змеиногорский завод вступил в строй, значительно увеличился поток

<sup>1</sup> Проекты П. К. Фролова и переписка по ним в подлинниках хранятся в АКГА: основной проект (ф. 1, оп. 4, д. 96, лл. 32—320) и о постройке рельсовой дороги в Змеиногорске (ф. 1, оп. 7, д. 420, лл. 1—283). Все цитаты приведены из этих документов.

грузов в Змеиногорск. Сюда для первичной обработки доставлялась руда с многочисленных рудников, расположенных в бассейне верхнего течения Алея, Чарыша, притоков р. Иртыша, Бухтармы, Ини и других. В Змеиногорск доставлялась руда с Зыряновского и Риддерского рудников. Отсюда она направлялась на Барнаульский и Павловский заводы.

Однако дороги в районе Змеиногорска были непригодны для переброски грузов. Гористая местность, глинистые почвы, далёкие расстояния и малочисленное население бывшего «Беловодья» представляли крупные неудобства для бесперебойной работы гужевого транспорта. Рост горного производства упирался в отсталость транспорта.

Выход из положения был найден П. К. Фроловым в 1804 году, когда он работал главным чертёжником в Барнауле. Он предложил организовать транспортировку грузов по р. Иртышу от Бухтарминской крепости до Усть-Каменогорска. Этот проект был одобрен. П. К. Фролов разработал особую конструкцию судов для плавания по реке, лично руководил их строительством, измерив фарватер Иртыша. В конце лета он открыл навигацию: баржа, гружённая рудой, прошла из Бухтарминской крепости (которую после этого переименовали в пристань) до Усть-Каменогорска.

Летом 1805 года открылось постоянное сплавленное судоходство по р. Иртышу. Эффект этого мероприятия был столь значителен, что царь наградил П. К. Фролова орденом и повысил в чине.

После открытия сплавленного судоходства по р. Иртышу П. К. Фролов провёл большую работу по подготовке подъездных путей от Риддерского и Зыряновского рудников до Бухтарминской пристани.

Наряду с упорядочением водного транспорта, П. К. Фролов считал необходимым решить основной вопрос — создать надёжный вид сухопутного транспорта. Часто проезжая по тракту Барнаул—Змеиногорск, П. К. Фролов отметил, что его особенности делают возможным механизировать транспортные работы на этой, основной на Алтае, магистрали.

В 1806 году П. К. Фролов обратился с рапортом к начальнику Кольвано-Воскресенских заводов Чулкову. Он предлагал организовать судоходство по рекам Алею или Чарышу для доставки руды из Змеиногорского рудника на Барнаульский серебряноплавильный завод. Так как судоходство на этих реках прекратилось, требовалось установить, смогут ли они пропускать суда нового типа, сконструированные П. К. Фроловым. Поэтому он считал необходимым измерить глубину фарватера этих рек, определить месторасположение будущих пристаней, упорядочить подъездные пути.

Вызывают особый интерес следующие мысли, изложенные

в проекте: «...речка Поперечная, получающая начало из гор, окружающих Кольванское озеро, течением своим в Алей показывает склонение земли от Змеиногорска до оного, что и представляет, по моему мнению, удобность обратить место сие для сообщения между Змеиногорским рудником и Алеем.

Поелику течение её продолжалось более 100 вёрст, то для уменьшения сего расстояния можно будет положить за окончательный пункт канала одно из мест, лежащих выше впадения в Алей. Если же количество вод тех мест, где будет начало канала, недостаточным окажется наполнением его водою, в таком случае полезно будет от Змеиногорска или другого пункта, могущего сосредоточить рудники, устроить до Алея чугунную дорогу, к чему означенное падение земли равномерно способствовать может».

Таким образом, П. К. Фролов предлагал грандиозный проект строительства водно-рельсовых путей. Грузы из Змеиногорска должны были идти до р. Поперечной, а затем по этой реке до реки Алея. Связь между этими пунктами предполагалось осуществить через судоходный канал, а в случае невозможности его строительства проложить рельсовый путь длиной около 100 вёрст (107 км). В то время ни одна страна в мире не имела чугунного пути такой длины.

П. К. Фролов считал необходимым продолжать эту дорогу до Барнаульского ленточного бора (около 40 вёрст). По данным В. С. Виргинского, этот участок рельсовой дороги предназначался для доставки на пристань делового леса и угля.

По материалам изысканий, произведённых в 1807 году, видно, что общая длина проектируемых рельсовых путей доходила до 180 вёрст (около 190 км). Работы над осуществлением проекта проводились с 1807 по 1810 год. За это время была доказана возможность сплавливать руду по рр. Алею и Оби. Но комплексная реконструкция транспорта не была осуществлена. Строительство рельсовых путей не начиналось, хотя изыскательские работы и были закончены.

П. К. Фролов, помимо проекта коренной реорганизации транспорта, предложил проект постройки рельсовой дороги, которую он называл «чугунной дорогой», на расстоянии 2,5 версты от Змеиногорского рудника до строящегося Змеиногорского завода. Это предложение было изложено им в рапорте на имя Чулкова, поданном в январе 1806 года.

Но проект не был технически разработан. Указывалось лишь, что «местоположение, их (рудник и завод — Н. С.) соединяющее, совершенно может способствовать». Проект предусматривал на строительство дороги «употребить тот чугун, который в Змеиногорском руднике уже сколько лет остаётся без прибыли от промывательных и других ныне не употребляемых устройств».

П. К. Фролов ссылался на опыт постройки «чугунных дорог» в Англии, где якобы «сим способом одна лошадь, везя в 12 повозках 26 880 английских фунтов, заменяет 40 лошадей». Эта ссылка приводилась исключительно для горного начальства, так как ранее, чем он узнал о рельсовых дорогах Англии, П. К. Фролов видел на Алтае дорогу Ваганова, знал о проекте лежневых дорог К. Д. Фролова, видел в действии транспортёры рудообогатительных фабрик на р. Корбалихе.

Что представляли собою в то время английские чугунные дороги? Это были рудничные дороги небольшой длины с угольчатыми рельсами, уложенными на деревянных брусках прямо на грунт, без изменения профиля пути. Были также в употреблении временные рельсовые настилы с клинообразными рельсами, которые острым углом забивались в деревянные бруска, скреплённые деревянными поперечинами.

А в России ещё в 1783 году К. Д. Фролов проектировал лежневую дорогу на опорах, возвышающихся над грунтом, что допускало вести дорогу под необходимым уклоном.

П. К. Фролов, опираясь на опыт по механизации откатки руды, считал, что его «чугунная дорога» не должна зависеть от рельефа местности, что ей можно придать необходимый уклон искусственными сооружениями.

В своём проекте П. К. Фролов привёл расчёты, характеризующие экономические преимущества дороги. Он указывал, что на Змеиногорском заводе намечается построить 10 плавильных печей, которые способны в год «проплавить более 1 000 000 пудов». На доставку такого количества руды от рудника до завода на расстоянии в 2,5 версты «должно положить перевозки на одну душу 927,5 пудов, почему на 1 000 000 пудов потребуется употребить из приписных крестьян 1 078 душ». Под «душами» П. К. Фролов подразумевал душевые «нормы» барщины на транспортных работах. Фактически каждую такую «норму» выполняли, в зависимости от условий, 2—3 возчика.

Выгоду в устройстве дороги П. К. Фролов видел в том, что «по устройству чугунной дороги понадобится употребить только 2-х человек и 2 лошади, чем в летние шесть месяцев перевезти можно всё количество руд для годовой проплавки. Заменяя таким образом крестьян в перевозке руд, можно будет обратить их к доставке угля в Змеёвский завод». Так как возить уголь нужно было бы и без постройки дороги, то фактически дело сводилось к сокращению барщины на Змеиногорском заводе на 1 078 годовых «норм».

В постройке первой русской рельсовой дороги П. К. Фролову помогал М. С. Лаулин. Кроме них, никто из горных офицеров Змеиногорского рудника не принимал участия в этой исторической стройке, начатой летом 1806 года.



В октябре 1808 года П. К. Фролов рапортовал, что за период с 27 апреля по 27 сентября 1808 года «в Змеиногорском руднике (на строительстве чугунной дороги — Н. С.)... окончена с причислением работ прежних двух лет во всю её длину от рудника до завода деревянная работа, с выправлением места для выгрузки руд при заводе. Заложено на сваях две линии в параллель плавильной фабрики, также производилось литьё чугунных дорожек, приготовление разных мер гвоздей, потребных для укрепления дорожек, так для прочих устройств. При всех таковых приготовлениях остаётся настать чугунные дорожки, положить брусья на упомянутые линии против фабрики, что всё в будущее лето может быть окончено».

Действительно, летом 1809 года строительство дороги было завершено и 24 августа она начала работу. 18 октября 1809 года была составлена «Опись чугунной дороги, построенной со Змеиногорского рудника во Змеёвский завод», подлинник которой хранится в Алтайском краевом государственном архиве.<sup>1</sup>

В ходе строительства П. К. Фролов провёл испытания прочности «чугунных дорожек» и колёс вагонеток как в неподвижном состоянии, так и в движении.<sup>2</sup> В 1810 и 1811 годах дорога частично ремонтировалась. По окончании каждого ремонта составлялись чертежи и описания её состояния. В итоге получилось три источника, по которым можно судить о дороге. Первый из них датирован 18 октября 1809 года, второй — 14 ноября 1810 года, третий — 18 декабря 1811 года.

Первый документ хранится в подлиннике в Алтайском государственном архиве, второй опубликован в 1949 году В. С. Виргинским, третий, в виде «плана и профиля рудовозной дороги, устроенной между Змеиногорскими рудником и заводом», хранится в Новосибирском областном архиве.<sup>3</sup>

Все три документа рисуют профиль дороги следующим образом. Дорога шла по рву. Головной участок представлял площадку в искусственной выемке, над которой располагались бункеры для загрузки вагонеток и мост над дорогой для проезда на лошадях. Затем дорога поднималась над поверхностью земли и шла по «мосту на 70 парах свай» (виадук), пересекая русло рудника (ключа). В 1811 году это повышение было дополнено «засыпкой похэрцами» и превратилось, за исключением участка над ключом, в высокую насыпь со сваями внут-

<sup>1</sup> АКГА, ф. 1, оп. 7, д. 420, лл. 128—130.

<sup>2</sup> Документы, найденные в 1951 г., указывают, что П. К. Фролов в 1808 г. провёл опытные испытания дороги. Одна лошадь легко везла по рельсам вагонетку с грузом более чем в 150 пудов. Испытанию подверглась и мостовая арка. Один пролёт моста 8 месяцев простоял с нагрузкой в 8 тонн.

<sup>3</sup> Новосиб. обл. архив, чертёжный фонд, д. 1337.

ри. После этого дорога вновь шла по рву, названному на чертеже 1811 года «каналом». По выходе из рва небольшой участок дороги пролегал по «ровному месту». Затем дорога подымалась на сваи, пересекала долину р. Корбалихи через большой мост на каменных быках, после чего коротким виадуком — съездом с моста подходила к своему окончанию — поворотному кругу. Искусственные сооружения, построенные на трассе, обеспечивали дороге уклон в сторону завода.

По всей длине дороги были устроены пихтовые ограждения. Для подачи руды на дорогу прокладывались переносные рельсовые пути.

Данные о рельсовой дороге, построенной П. К. Фроловым в Змеиногорске, по сведениям за 1809, 1810 и 1811 гг.

Наименование	По данным 1809 г.	По данным 1810 г.	По данным 1811 г.
<b>Бункеры</b>			
Общая длина . . . . .	не указана	не указана	13,5 м
Высота от рельс . . . . .	не указана	не указана	5,4 м
<b>Ров в начале дороги</b>			
Длина . . . . .	214 м	215,5 м	211,9 м
Наибольшая глубина . . . . .	не указана	4,9 м	8,1 м
<b>Виадук</b>			
Длина . . . . .	402,3 м	350 м	356,4
Максимальная длина свай . . . . .	не указана	не указана	10,8 м
<b>Ров за виадуком</b>			
Максимальная глубина . . . . .	не указана	2,4 м	не указана
Длина . . . . .	836,7 м	725 м	911,6 м
<b>Мост на каменных быках</b>			
Длина . . . . .	не указана	не указана	253,8 м
Высота быков макс./ . . . . .	не указана	11 м	11,3 м
Число быков . . . . .	20	20	20
<b>Въезд на мост</b>			
Длина . . . . .	не указана	не указана	24,3 м
Высота свай макс./ . . . . .	не указана	не указана	4 м
<b>Съезд с моста</b>			
Длина . . . . .	не указана	23 м	23,76 м
Высота свай макс./ . . . . .	не указана	не указана	10,3 м
Общая длина дороги	не указана	1 660 м	1 781,7 м
Величина уклона	не указана	23 м	23,54 м

Что же представляли собою профиль и сооружения дороги? Начинаясь ровом, точнее искусственной выемкой, дорога на головном участке состояла из трёх частей — бункеров («кошей»), переезда и ограждённой выемки. Высота верхнего уровня моста от дна выемки на чертеже 1811 г. показана равной 8,1 м. Почти на такой же высоте находились верхние отверстия бункеров (7,6 м).

Четыре пирамидальных бункера, каждый объёмом 5,2 куб. м, были установлены на помосте высотой 5,4 м от полотна. Они в короткий срок загружали рудой одновременно четыре вагонетки. Этот участок был больше других подвержен сотрясениям, что угрожало осыпью грунта с бортовых уклонов выемки. Поэтому здесь дорога была ограждена внутри рва высоким тесовым забором, а у моста был построен небольшой коридор, похожий на тоннель. На этом участке ров имел наибольшую ширину.

Основанием рва служило полотно дороги, которое на всём её протяжении имело одинаковую ширину 4 м. Такова была длина шпал («огнив»). После переезда выемка (ров) постепенно понижалась, и в своей верхней части имела в ширину до 3,8 м.

Выемка переходила в виадук, состоявший в 1809 году из 70 пар деревянных свай. Он шёл над поверхностью земли и имел деревянный настил («мост») для движения гужевого транспорта. Борты этого настила, как и вся дорога, начиная от переезда, были ограждены «перилами из сосновых и лихтовых столбиков с таковыми же поручнями». Самая высокая часть виадука проходила над ключом, впадающим в р. Змеевку. Здесь был устроен маленький деревянный мостик с укосинами, поддерживающими середину этого пролёта. В 1811 году всё пространство между поверхностью виадука и землёю было «для большего подкрепления» засыпано «мелким похэрцем», т. е. истолчённой породой. Образовалась высокая насыпь, ширина основания которой колебалась в пределах от 5,4 м до 10 м.

Насыпь заканчивалась второй выемкой, которая была более чем в 4 раза длиннее первой. Лишь незначительный участок трассы не требовал искусственных сооружений для выравнивания профиля.

Мост через пойму р. Корбалихи опирался на 20 каменных быков, «у коих основание из гранитного камня, а прочее из кирпича. Между сими столбами сделаны деревянные арки или своды из брусев».

Конечный участок дороги был уложен на деревянных сваях. Он подходил к поворотному кругу. Диаметр поворотного круга равнялся 4,3 м т. е. был несколько шире полотна дороги.

Можно сказать, что уже только по одному своему профилю Змеиногорская «чугунная дорога», построенная П. К. Фроловым, на много лет опередила современную ему технику строительства рельсовых путей. П. К. Фролов создал первую в мире железнодорожную линию с выемками и насыпями, малами и большими мостами, разъездами.

Буржуазные историки утверждают, что первый в мире железнодорожный мост был построен сыном Стефенсона. Но ещё задолго до того, как он стал инженером, в Змеиногорске П. К. Фролов построил мост, опирающийся на 30 бревен.

Методы укладки пути, применённые П. К. Фроловым, близки приближаются к современным, о чём свидетельствует «опись» 1809 года: «По всей длине дороги набиты сваи, на которых положены поперечные огнивы (шпалы — Н. С.), на которых положены деревянные брусья один с другими и с огнивом схваченные. На сих брусьях чугунных дорожек положено 2 788, из коих каждая прибита четырьмя железными гвоздями».

«Грифы, как вылитые на Томском заводе, так и в Змеиногорске, имеют длину 4  $\frac{1}{2}$  фута (1,8 м), толщина — первые 3 (76 мм), а последние 2  $\frac{1}{2}$  дюйма (63,5 мм) ...Верхняя их часть имеет эллиптический профиль, а окружность колеса — такую же вогнутость, которою оно удерживается на грифе»<sup>1</sup>. Англия применяла угольчатые рельсы, называемые «колёсопроводами». Фролов создал рельсы с эллиптическим профилем, назвав их «грифами». Ободу колеса соответствовали выемки в рельсах, что предохраняло колеса от схода с рельс.

Проектируя дорогу, П. К. Фролов предполагал, что она полностью обеспечит доставку руды для Змеиногорского завода и значительно сократит барщинные отработки. Он неоднократно указывал также, что «чугунная дорога» дешевле, чем такой же длины канал.

О преимуществах дороги по сравнению с другими видами транспорта убедительно свидетельствуют данные о стоимости строительства дороги и затратах на её эксплуатацию. Стоимость дороги, длиной в 1,8 километра, составила 13 969 руб. 70 коп. Следовательно, стоимость одного километра пути равна 7 760 руб. Кстати, строительство одного километра английской дороги обошлось в 5 раз дороже.

В 1809, 1810 и 1817 гг. на дороге проводились ремонтно-восстановительные работы, повысившие её стоимость до 21 288 руб. 98 коп. или до 11,8 тыс. руб. на километр. Но и в этом случае дорога П. Фролова была дешевле всех действовавших тогда в Англии рельсовых путей.

Однако, Кабинет не проявил интереса к расширению сети

<sup>1</sup> Виргинский. «Возникновение железных дорог в России», стр. 66.

рельсовых дорог на Алтае. В свою очередь, управляющий Колывано-Воскресенскими заводами Эллерс сделал всё от него зависящее, чтобы сорвать дальнейшее строительство рельсовых путей. С момента пуска до 1817 года рельсовая дорога перевезла 2 739 106 пудов руды. Комиссия, обследовавшая дорогу, отметила: «На сие количество руд потребовалось бы 2 954 душ крестьян и расход им в плату 6 203 рубля. А израсходовано на провоз 911 руб. 76 коп.». Следовательно, стоимость перевозки руды по рельсовой дороге была почти в 7 раз ниже стоимости гужевых перевозок. К тому же, дорога освободила от барщины 2 954 душ.

Но и эти данные далеко не полно рисуют экономический эффект дороги, ибо она загружалась крайне неравномерно.

Рельсовая дорога в Змеиногорске существовала, приблизительно, до 1893—97 гг., то есть до ликвидации заводов. О ней неоднократно упоминалось в периодической печати и технических изданиях того времени. В 1836 году Кулибин в «Горном журнале» писал: «Руды с Змеиногорского рудника, кроме сухопутной перевозки крестьянами, урочниками и вольнонаёмными людьми в прочие заводы, перевозятся в Змеёвский завод по чугунной дороге, от самого рудника до завода на 1 версту 330 сажень (1780 м). В одной большой тележке особого устройства на 4-х колёсах одною лошадию перевозится в один раз по 150 пудов, а в день 4 лошадыми (в две смены) и двумя тележками 2 240 пудов... Каждый пуд руды сею перевозкою обходится по  $\frac{1}{4}$  копейки!».

На плане Змеиногорского рудника 1835 года показана рельсовая дорога. Она названа: «Чугунная дорога для переезда с рудника в завод руд». Основное отличие от первоначального варианта состоит в том, что ответвления («флигели») были ликвидированы. Дорога в этот период представляла собою прямолнейный участок.

В. С. Виргинский, ссылаясь на архивные документы, указывает, что вначале по «чугунной дороге» П. К. Фролова ходили своеобразные поезда. Каждая лошадь тянула по три вагонетки и заменяла 25 лошадей. По описанию Кулибина, в 1836 году лошадь везла уже лишь одну большую тележку. Это было сделано потому, что свайные «флигели», разрушенные в 1816 г., не были восстановлены и дорога лишилась разезда. Но и при этих условиях дорога обеспечивала полностью потребность Змеиногорского завода в руде, так как «сухопутная перевозка крестьянами» руды производилась лишь «в другие заводы».

Трасса дороги была проложена на кратчайшем расстоянии

«Горный журнал» 1836 г., ч. II, кн. V, стр. 334—335.

между рудником и заводом. Добиваясь максимального сокращения трассы, П. К. Фролов заботился и о том, чтобы не пострадали интересы простых людей. В 1806 году изыскательские работы показали, что трасса пройдёт по усадьбам двух мастеровых Змеиногорского рудника. Постройки на этих усадьбах нужно было снести. П. К. Фролов добился, что расходы по переносу построек на другое место и по переселению мастеровых были отнесены на счёт затрат по строительству дороги, а сами мастеровые на время переселения получили отпуск с сохранением денежного и натурального довольствия.

Прокладка рельсового пути на Змеиногорском руднике была сопряжена с большими трудностями. Для производства рельс на Змеиногорском заводе были построены две вагранки. Но так как на месте чугуна нехватало, часть рельс производил Томский завод. Перевозка рельс из Томска в Змеиногорск отнимала много времени. И всё же дорога была построена в короткий срок — за три летних сезона.

Дорога эксплуатировалась только в летнее время. Зброшенная на зиму, она подвергалась разрушению от снежных заносов. Кабинет удосужился сообщить свой отзыв о дороге лишь в октябре 1818 года, в ответ на рапорт П. К. Фролова, посланный им в ноябре 1817 года. Узнав, что дорога принесла 5 291 рубль 64 коп. прибыли, и через 15 лет окупит все расходы, связанные с её строительством, Кабинет писал: «выгода в перевозке руд по ней столь очевидна, что делает честь основателю оной и для того признательность Кабинета засвидетельствовать основателю оной начальнику Колыванских заводов, так и дать знать о том Канцелярии Колывано-Воскресенского горного начальства».

Но дальше выражения «признательности» П. К. Фролову Кабинет не пошёл.

П. К. Фролов разработал ещё два проекта механизации транспорта Колывано-Воскресенских заводов. В 1816 году он предложил организовать паровое судоходство по Иртышу. Этот проект не получил одобрения. Не получил полного решения и проект комплексного использования водного транспорта и рельсовой дороги.

Опыты сплавного судоходства по р. Алею производились с 1808 по 1817 год. За это время баржи перевезли от села Кашино (на Алее) до Усть-Алейской 101 860 пудов руды. В 1808 году суда из Алея не могли перейти в Обь из-за переката в устье Алея. Поэтому в деревне Усть-Алейской руду из барж перегружали на подводы и подвозили к Оби, откуда на небольших баржах сплавляли в Барнаул. В 1809 году по Алею было пущено два опытных каравана, они дошли только до Усть-Алейской.

П. К. Фролов лично ознакомился с фарватером Алея, и зи-

мою 1809—10 гг. разработал проект постройки двухшлюзного канала в его устье. Стоимость этого сооружения немногим превышала 10 000 рублей. В марте 1810 года проект канала был представлен начальнику Колывано-Воскресенских заводов Эллерсу.

Эллерс выдвинул свой проект. Он предложил устье Алея запрудить, направив воду по старому руслу. Но Эллерс не считал нужным построить плотину и провести дноочистительные работы в месте запруды.

По приказанию Эллерса, П. К. Фролов с августа по октябрь 1810 года руководил работами по строительству двух плотин в устье и в протоке Алея. На всю работу было затрачено 56 руб. 30 копеек. Так хотел Эллерс сделать устье Алея судоходным.

После постройки плотин вода поднялась всего лишь на 1,5 фута (45 см). Весною 1811 года основную плотину прорвали вешние воды. П. М. Залесов и М. С. Лаулин пришли к выводу, что восстанавливать плотину без дноуглубительных работ в старом устье — бесполезная трата средств и времени. Эллерс занял странную позицию — он не дал никаких указаний ни о восстановлении плотины, ни о строительстве канала.

Эллерс был не одинок. Кабинет также не поддержал П. К. Фролова, не дал ходу его проектам механизации транспорта. Были положены в архив проекты П. К. Фролова о постройке «чугунной дороги» от оз. Эльтон до р. Волги (1812 г.) и об организации парового судоходства на Иртыше (1816 г.).

Идеи П. К. Фролова о механизации транспорта оказали большое влияние на работу русских инженеров. Его проекты строительства дорог Змеиногорск—Быково—Барнаульский бор и оз. Эльтон — р. Волга были первыми попытками строительства больших рельсовых магистралей.

Змеиногорская «чугунная дорога» служила образцом для строительства рельсовых путей на Алтае в 40-х годах 19 века. Об этом свидетельствует рельсовая дорога, проложенная на Риддерском руднике в конце 40-х гг. 19 века.

В декабре 1850 года поручик Карпинский направил горному начальнику Алтайских заводов Соколовскому статью под заголовком: «Об обогащении Риддерских... руд»<sup>1</sup>. Он указывал, что опыты по обогащению руд на Риддерском руднике были начаты поручиком Меглицким и завершены самим Карпинским. Для этой цели было начато строительство новой фабрики. Здесь же построили железную дорогу для доставки руды:

«Для доставки руд к обогатительной фабрике проведена на 180 сажен (385 м) рельсовая железная дорога следующего»

<sup>1</sup> Подлинник хранится в АКГА, ф. 1, оп. 3, д. 681, лл. 279—283.

устройства: на продольных деревянных брусках расположены поперечные такие же лежни, на расстоянии один от другого на 3 фута (90 см), в концах которых сделаны вырезки.

В эти вырезки вставлены рельсы, состоящие из железных полос, в  $2\frac{1}{2}$  дюйма (6,25 см) вышиною, в  $\frac{3}{4}$  дюйма (1,9 см) толщиной и 7 футов (210 см) длины, укрепленных с наружной стороны деревянными клиньями. Направление дороги совершенно прямолинейное и ширина её  $2\frac{1}{2}$  фута (75 см). Так как засыпка руд для толчеи производится сверху, то дорога проведена наклонно на верх фабрики, где устроена другая железная дорога по длине фабрики, пересекающая в крест первую, и служащая для доставления руды к самим кошам (бункерам — Н. С.). Для съезда с одной дороги на другую устроен поворотный круг».

Не трудно видеть, что эта дорога копировала Змеиногорскую. Разница заключалась в том, что на Риддерской дороге деревянные бруска были уложены под шпалами и не служили подушками для рельс. Крепление рельс также отличалось от змеиногорских — вместо железных гвоздей здесь применялись деревянные клинья. Железные рельсы не имели эллиптической поверхности и были тоньше рельс, уложенных в Змеиногорске.

Риддерская дорога имела, вероятно, больший уклон, который облегчал спуск пустых тележек. «Подкатка руд по железной дороге производится людьми в тележках. Тележки состоят из деревянной рамы, сверху которой утверждён прочно окованный деревянный кузов, а снизу укреплены железные подшипники. В подшипниках вращаются две железные оси, имеющие на концах чугунные колёса с закрайками. Колёса укреплены неподвижно, так что они вращаются вместе с ними и имеют в диаметре от 11 до 17 дюймов. Вышина кузова тележки  $1\frac{3}{4}$  фута, ширина  $1\frac{3}{4}$  фута, длина 4 фута и вместимость равна 33 пудам».

Если на Змеиногорской дороге двигателем была лошадь, то на Риддерской — человек. Дорога облегчала труд, но оставляла его ручным. На Змеиногорской дороге, построенной П. К. Фроловым, погрузка была автоматизирована, на Риддерской автоматизация отсутствовала, хотя и здесь тележки имели приспособления для ускорения разгрузки: «Для разгрузки тележки с обоих боков кузова сделаны ставни, вращающиеся на шарнирах и запирающиеся железными запорками, а для подъёма тележки по наклонной железной дороге устроен на верху фабрики стоячий ворот, и для этой же цели рама тележки снабжена железным крюком, за который захватывается канат, навиваемый на ворот».

Строители Риддерской дороги были знакомы с рельсовой дорогой П. К. Фролова, и то, что они взяли её за образец, показывает, что в 40-х годах «чугунная дорога» работала успеш-



но. Риддерская дорога была построена в годы, когда главным начальником Алтайского горного округа был знаменитый изобретатель русской булатной стали П. П. Аносов, а горным начальником — выдающийся металлург Соколовский.

Аносов был поборником расширения сети рельсовых дорог. В 1850 году он писал: «Хотя согласно предписанию моему от 31 января 1849 года., колёсопроводы вводятся на золотых промыслах, но не в таком размере, чтобы польза от них была значительна и служила к понижению цены золота». Соглашаясь с тем, что до 1850 года для этой цели нехватало железа, Аносов считал, что эта причина уже устранена и предписывал «неотлагательно принять меры к доставлению на промысла потребного количества железа для возведения вновь подвижных железных дорог, с подкаткою в тележках людьми».

Идеи П. К. Фролова были продолжены новаторами русской техники. В 1833 году на Урале отец и сын Черепановы построили первую рельсовую дорогу с паровой тягой. В конце 19 века построена крупнейшая в России железная дорога транссибирская магистраль. Она прошла далеко от родины рельсовых дорог — от Барнаула и Змеиногорска. Железнодорожное движение через станцию Барнаул открылось только в 1915 году.

## ВНЕДРЕНИЕ КОКСА В ЧЁРНУЮ МЕТАЛЛУРГИЮ

Чёрная металлургия России в конце 18 века служила поставщиком чугуна и железа во все страны мира. Русские доменные печи по своим размерам и производительности занимали первое место в мире. Ещё в начале 19 века уральские домны давали около 90 тыс. пудов чугуна в год, тогда как производительность всех английских доменных печей не превышала 65 тысяч пудов.

«Ещё в первом десятилетии 19 века Англия обогнала Россию в производстве чёрного металла. Вслед за Англией Россию обогнала Франция, затем США. К середине 19 века впереди оказалась даже такая страна, как Бельгия. В 1860 г. в выплавке чугуна наша страна, завоевавшая первое место в 18 в., уже отставала от Англии, США, Франции, Германии, Бельгии, Австро-Венгрии»<sup>1</sup>.

Причиной этого отставания являлось то, что доменное производство России в основном использовало древесный уголь, тогда как с начала 19 века английская металлургия усовершенствовала технологический процесс выплавки чугуна — она заменила древесный уголь коксом.

<sup>1</sup> В. В. Данилевский, «Русская техника», изд. 1948 г.

Применение кокса ускорило процесс выплавки чугуна и улучшило его качество. Вместе с тем, чёрная металлургия Запада совершенствовала методы получения железа и стали. Русский паризм своей реакционной политикой, направленной на сохранение крепостного права, тормозил экономическое развитие страны, что приводило к застою и технической отсталости промышленности.

В семидесятых годах 19 века технология чёрной металлургии оставалась такой же, какой она была в начале 19 столетия, несмотря на то, что русские металлурги старались усовершенствовать доменное и железоделательное производство.

Каменноугольные месторождения в России были известны ещё в начале 18 века. Уже в 1771 г., то есть с начала своей работы, Томский завод применял каменный уголь Кузнецких копей для выплавки чугуна.

В 1799 г. вышла книга «О пользе и употреблении русского земляного угля». Автор книги Н. А. Львов, добывая в районе города Боровичи каменный уголь, первым в России получил кокс. Он употреблял кокс для сварки железных полос.

Н. А. Львов добился от Сената и Берг-Коллегии ряда решений о расширении каменноугольных разработок и о поставке русского каменного угля в Москву и Петербург. Уже в 1797 году он доставил в эти города около 150 000 пудов каменного угля. Потребители угля давали ему высокую оценку, считая, что по своему качеству он значительно превосходит английский уголь.

«В 1829 г. были проведены широкие опыты над боровичскими углями в лаборатории Горного корпуса и на Александровском литейном заводе. Они показали полную пригодность новгородских углей для переплавки чугуна. Вместе с тем эти испытания являлись подтверждением правильности всех высказанных Львовым мнений об огромной пользе боровичских углей для хозяйства страны»<sup>1</sup>.

Описывая методы получения кокса, Н. А. Львов указывал, что для этого нужно сортировать уголь и отбирать крупные комки. Такой отборный уголь он пережигал в кучах, так же, как это делается при получении древесного угля.

В 20-х годах 19 века развитию чёрной металлургии на Колывано-Воскресенских заводах придавал большое значение начальник этих заводов П. К. Фролов. В 1819 году, по его инициативе, сереброплавильный Гурьевский завод был переоборудован в железоделательный. Томский и Гурьевский заводы были оснащены прокатными, токарными, сверлильными и другими станками. К 1830 году они выплавляли 30 000 пудов железа и до 80 000 пудов чугуна в год.

<sup>1</sup> Проф. А. А. Зворыкин. «Первооткрыватели каменноугольных бассейнов СССР», 1950 г., стр. 26.

За 50 лет работы Томского завода в его районе леса были вырублены до такой степени, что не могли удовлетворять потребности завода в древесном топливе. Подвоз топлива из дальних районов был сопряжён с большими трудностями.

Томский и Гурьевский заводы были подчинены конторе Салаирского рудника. Здесь разрабатывались крупные месторождения каменного угля — Афонинское, Меретское, Щегловское и Кемеровское. В верховьях реки Томи действовали несколько мелких копей. В 1825—1828 гг. угли этих месторождений, за исключением Кемеровского, наиболее удалённого от заводов, подверглись специальному исследованию, имевшему целью выяснить их пригодность для коксования. Уголь Афонинского месторождения оказался непригодным для коксования. Меретский уголь оказался непригодным даже для переплавки чугуна и других операций, где требуется большое пламя или высокая температура.

Испытания щегловского угля показали, что он для коксования не годен, но может быть использован на некоторых плавильных операциях.

Неудача заставила П. К. Фролова усилить поиски месторождений коксующихся углей. В сентябре 1829 года он производил ревизию Томского завода и получил там сведения об открытии нового месторождения близ д. Берёзовой, по дороге из г. Кузнецка к Томскому заводу (ныне д. Томское, Кемеровской области). Он отдал приказ о разведке и испытании каменного угля Берёзовского месторождения.

В октябре 1829 года он подтвердил свой приказ управляющему Томским заводом. «По докладу вашему в бытность мою прошедшего сентября в Томском заводе о каменном угле, открытом близ деревни Берёзовой, поручил я вам произвести там разработку, раскрестить месторождение оного со снятием чертежей и измерением пространства пластов угля; равным образом произвести опыты над превращением каменного угля в кокс и употреблением оного при чугуноплавленном и железоделаемом производствах. Подтверждая ныне о точном и непременно исполнении по вышеписанному, ожидаю от вас подробнейших о том донесений.

Начальник заводов П. Фролов<sup>1</sup>.

В ноябре 1829 г. начальник Томского завода доложил П. К. Фролову, что разведка производится в широких масштабах. Найдено второе месторождение угля. Из 9 разрезов добыто около 6 000 пудов и «отсортировано крупного для перевозки и опытов до 1 500 пудов». Начаты опыты по выжигу кокса. Выжиг производился в кучах «на подобие жжения древесного

<sup>1</sup> Подлинные документы хранятся в АКГА, ф. 1, оп. 3, д. 591.

угля», причём качество кокса признано удовлетворительным. Следует отметить, что на успешный ход исследований берёзовского угля оказали влияние опыты Львова. Из Барнаула по указанию П. К. Фролова, Томскому заводу, среди других книг, была направлена книга Львова «О пользе и употреблении русского земляного угля». Рекомендованный им метод получения кокса использовали работники Салаирского рудника.

Руководство Томского завода не удовлетворилось результатами, полученными при первых опытах получения кокса. Учитывая настойчивость и требовательность П. К. Фролова, руководители завода сообщили ему, что опыты «для решительного заключения требуют повторения и повторяются».

В марте 1830 года они подробно информировали П. К. Фролова о ходе дальнейших опытов. Кокс пробовали получать в кучах и «по методе г. Ярса в печке, нарочно для того устроенной». Каменный уголь в печке сгорел, не превратившись в кокс, а из куч был получен кокс довольно высокого качества. Оказалось, что выжиг кокса требует навыка «как в отборе угля, так и в приготовлении под обжиг тока — складки куч, обложки оных соломою и осыпке землёю, а ещё больше при управлении огнём, вычистке и разломке куч».

В рапорте далее сообщалось: «Приготовленный из каменного угля кокс был испытан при расплавке чугуна в вагранке, в доменном горне, на якорных горнах при деле тяжёлых вещей, на кузнечных, кричных также при деле уклада в стали, сверх того, исключая доменного горна и вагранки, на всех прочих работах был испытываем и необожжённый берёзовский каменный уголь». Так впервые в России, по инициативе П. К. Фролова, была испытана коксовая плавка в заводских условиях.

Опытами по использованию кокса руководил молодой русский инженер, помощник управляющего Томским заводом, Евгений Александрович Третьяков. Бывший личный секретарь П. К. Фролова, преподаватель Барнаульского горного училища, Третьяков изучил горное производство под руководством П. К. Фролова.

Итоги испытаний превзошли все ожидания. «В вагранку в начале был засыпан сосновый уголь (21 пуд угля на 21 пуд лома чугуна), а затем уже кокс (12 пудов кокса на 12 пудов чугуна лома). Чугун, полученный от обеих плавок «между собою почти не различался, был весьма жидок и способен к отливке тонких вещей, в изломе мелкозернист и цветом светло-серый». Испытатели отметили, что «кокс в шлак почти не обращался, а, напротив, выгребался в большом количестве целыми кусками, как и был засыпан, лишаясь только своей горючости».

Эти опыты проводились в декабре 1829 года и феврале

1830 года. В декабре 1829 года кокса засыпали 120 пудов, руды — 260 пудов, соснового угля — 120 пудов и, кроме того, 39 пудов обожжённой извести. Плавка продолжалась 10 часов. Получено было 112 пудов чугуна, из которых 60 пудов оставили в штыках для переплавки на железо. Остальной чугун использовали на литье.

В феврале 1830 года угля и кокса взяли по 216 пудов, руды — 432 пуда, извести — 62 пуда. Плавка продолжалась 24 часа. Чугуна получили 194 пуда, из которых для переплавки на железо оставили 150 пудов. Всего, следовательно, было получено 306 пудов чугуна.

При плавке было установлено: «1. Колоши пошли гораздо быстрее. 2. Пламя над колошником делалось сине-фиолетового цвета, но не столь ярко, как до сего от одного древесного угля. 3. Когда по счёту колош засып с коксом опускалась в горн, то жар в горну усилился. 4. Шлак сделался жиже, совершенно стекловатый..., а по верху иногда лёгкий — ноздреватый. 5. Чугун получался светло-серый, с неровным мелкозернистым изломом, весьма жидкий, способный для отливки из него тонких вещей, к пиле и сверху мягкий».

Испытания кокса в кузнице показали хороший результат. Отмечено было, что кокс без усиленного дутья быстро остывает.

Только одна серия опытов завершилась неудачей: «При всех много(раз) повторяемых опытах ни для дела железа, ни для выделки уклада уголь каменный, как сырой, так и обожжённый, не годился». Выплавленное железо никак не могли собрать в одну массу. Оно разбивалось при самом лёгком ударе ручного молота. Иногда кусок железа при выливке распадался на мелкие «дробоватые куски, несколько между собою не слипавшиеся или оставался в жидком виде вместе с шлаком и углём».

Итак, каменный уголь нашёл новое применение: было доказано, что он может коксоваться. Каменный уголь без коксования оказался пригодным на всех операциях в кузницах.

Итоги опытов привели к тому, что после 1830 года на Томском заводе плавка производилась на коксе, а со середины 19 века и Гурьевский завод был переведён на коксовую плавку.

В первой половине 19 века только на Алтае чёрная металлургия перешла к использованию кокса. Урал не имел близких каменноугольных месторождений. Промышленность центральных районов России пользовалась привозным каменным углем, но металлургические заводы работали исключительно на древесном топливе.

Богатые месторождения каменного угля на юге России, известные ещё Петру Первому, были удалены от металлургических заводов.

Исторически Кузбасс был первым районом в нашей стране, поставившим каменный уголь на службу чёрной металлургии. Однако здесь в 19 веке чёрная металлургия являлась вспомогательным производством. Её развитию препятствовала монополия Кабинета, интересовавшегося только добычей серебра и золота.

Имя основателя коксовой промышленности в России, Петра Козьмича Фролова широко известно в нашей стране. Имя первого русского коксовика, руководившего опытами по введению кокса в чёрную металлургию — Евгения Александровича Третьякова — было незаслуженно забыто.

Опыты по коксованию берёзовского каменного угля сыграли большую роль в развитии русской техники. Они положили начало русской коксовой промышленности. Советский народ помнит имена выдающихся новаторов производства, первых русских коксовиков — П. К. Фролова и Е. А. Третьякова.

### РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ЕЁ МЕХАНИЗАЦИЯ НА АЛТАЕ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 19 ВЕКА

К началу 19 века, в результате хищнической эксплуатации, Змеиногорский рудник начал выдавать на-гора руду с незначительным содержанием серебра, или, как тогда говорили, «убогую» руду. Прошли те времена, когда руда, содержащая меньше 3 золотников серебра в пуде, считалась негодной и шла в отвал или на засыпку заброшенных выработок.

Перед горным начальством встала задача — найти эффективные способы обогащения руды. Правда, обогащение производилось ещё со второй половины 18 века, но оно сводилось к отделению лёгких пород от серебряной руды. Теперь надо было перейти к обогащению в процессе плавки, тем более, что уже работали Локтевский и Гавриловский рудообогатительные заводы, а с первой половины 19 века вступили в строй Гурьевский и Змеиногорский заводы.

В первом десятилетии 19 века алтайские горняки и металлурги настойчиво работали над проблемой увеличения выплавки серебра. Они считали, что за счёт уменьшения потерь при плавке можно значительно повысить выход серебра из руды.

Наиболее обоснованно эти мысли высказал в 1802 г. берграт Бровцин, составивший «Методическое описание о положении уменьшения свинца при извлечении серебра при Колывано-Воскресенских заводах»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Подлинник этого документа хранится в АКГА ф. 1, оп. 4, д. 89.

На Кольвано-Воскресенских заводах считалась нормальной потеря при плавке на каждый пуд руды 0,5 золотника. Бровцин считает такую норму неверной, ибо она «не есть опытная, но взятая из старых годов...», которая казалась блискою к выгодам заводов». Бровцин предложил произвести опытную плавку, и чтобы найти наилучшую конструкцию печей, определить наивыгоднейший режим плавки и установить новую норму «угара» серебра.

Начинать опыт нужно было с подготовки руды: «протолочь величиною с казанский орех» и, не считаясь с анализами рудничных лабораторий, провести анализ в главной лаборатории в Барнауле, которая должна была установить, какие «флюсы» нужны при плавке, а затем проверить эти данные в производственных условиях.

Бровцин предлагал, подготовив руды, приступить к опытной плавке их на первой операции, причём «наперво пустить печи на самое тихое действие и доводить постепенно огненное вещество до самого того, сколько можно надувающими машинами сильный жар произвести». Этот температурный промежуток Бровцин рекомендовал разделить «на шесть степеней», и в конце каждой степени производить пробу в лаборатории, определяя «выгодную» температуру.

Для равномерности дутья «машины» содержать при каждой степени жара в разном положении. Для сего иметь при каждой печи ветромер, тем совершенно можно разделить степени жара уравнильнее». «Ветромеры», по мнению Бровцина, являются основными приборами, которые определяют наилучшую температуру дутья. Полученные шлаки обязательно вновь переплавлять с «облегчающими средствами», а по окончании плавки хранить их в отвалах, «ибо со временем сыскаться могут такие средства, которыми вынуть серебро с малым иждивением будет можно».

Бровцин определил убытки, которые терпели заводы от потерь серебра. Он указывал, что если потерять только 1,8 золотника серебра на каждом пуде руды, то в год на 3 000 000 пудов руды потери составят «серебра с золотом 97 пуд. 26 фунтов 24 золотника». Чтобы получить такое количество металла из руды с содержанием 2 золотника серебра на пуд, нужно будет добыть руды «187 500 пудов. При той добыче и обработке людей в год потребуется 213 человек, им в жалованье произойдёт 4 260 рублёв, за перевозку с рудников на заводы... 11 250 рублёв, за расплавку 28 125 рублёв, за потерянное серебро и золото, считая — по 1 000 рублей за пуд, 97 650 руб. И так от сей малости в благородных металлах угара всего убытку последует 141 285 рублёв».

Рассказывая о своём опыте скоростной плавки на Павловском заводе в 1796 году, Бровцин пишет, что он предложил

усилить дутьё воздуха, сделав в фурмах плавильных печей по два сопла.

Качка отрицательно отнёсся к этому предложению, уверяя, что от этого будет больше сгорать серебра. Наоборот, Чулков считал этот проект правильным и ввёл его на заводах без предварительного опыта. Это Бровцин считал неверным: «плавленое дело утверждается на опытах», и нельзя его вести «на своих одних рассуждениях, то одним не производить, а другим производить повелено». Однако «сей порядок и с начала существования заводов не был заведён».

Кабинет и Канцелярия Колывано-Воскресенского горного начальства не поняли всей глубины и значимости предложений Бровцина. Они обвинили Бровцина в том, что он ничего конкретного не предлагал, а его опыты привели только к трате времени и материалов.

В 1806 году С. В. Литвинов обратился в Кабинет с проектом, в котором рекомендовал специализировать заводы на отдельных плавильных операциях, чтобы сократить встречные перевозки и уменьшить транспортные расходы.

По подсчётам Литвинова, ежегодная экономия от рационального размещения заводов должна была превысить 30 000 рублей.

Канцелярия Колывано-Воскресенского горного начальства не утвердила проект потому, что, по её мнению, расчёты Литвинова основаны были только «на одном количестве, а не на качестве руд». Проект рационального размещения заводов цветной металлургии был положен в архив. Характерно, что Канцелярия Колывано-Воскресенских заводов ответила С. В. Литвинову только через 2 года 11 месяцев.

В 1803—1807 гг. шихтмейстер Дмитрий Бичтов предложил усовершенствовать плавильные печи на Колывано-Воскресенских заводах.

Наибольший интерес представляет его проект о замене пепла в плавильном процессе шпатом.

В 18 и начале 19 века дно плавильных печей обязательно посыпалось пеплом. При заводах существовали специальные «пепельные избы», где дрова сжигались на пепел. Таким образом, на получение этого продукта, необходимого по технологии того времени для плавки, истреблялось значительное количество леса.

В 1807 г. Бичтов обратился в Кабинет с письмом, в котором изложил свои соображения о возможности замены пепла другим, менее ценным продуктом. Он указывал, что в 1805 г., работая над увеличением нормы выхода серебра, он добился на Локтевском заводе хороших результатов потому, что заменил пепел мелкоистолчённым «тяжёлым шпатом».

Справедливо указывал Бичтов на большое хозяйственное



значение этого мероприятия: «Чрез сие сократилось бы в немалом количестве употребление лесов, которые с пользою употребляться могут на другие заводские надобности».

В архивах Кабинета имеются документы, свидетельствующие о том, что Кабинет заинтересовался этим проектом Бичтова и предписал Барнаульскому заводу провести соответствующие опыты. Однако на плане завода, составленном в 1835 году, среди прочих заводских сооружений значатся и «пепельные избы». Следовательно, предложение Бичтова, представляющее собою шаг вперёд в сторону технического прогресса, не было осуществлено косным горным начальством.

Вместе с тем на Барнаульском заводе длительное время проводились опыты получения серебра по «венгерскому методу». Суть его состоит в том, что при помощи ртути серебро отделяется из обогащённой руды без плавки. Для производства опытов была построена специальная «мельница», т. е. вододействующая установка. Безуспешные опыты велись до 1818 года, когда руководитель работ Осипов и его помощник Н. Г. Ярославцев были посланы за границу, чтобы познакомиться с новым методом. Кабинет отправлял обогащённую алтайскую руду за границу. Но все попытки внедрить этот метод остались безрезультатны. Уже в 1890—93 гг. начальство Алтайского округа пыталось получать таким способом серебро из руды Зырянковского рудника. Потеряв на этом деле свыше одного миллиона рублей, руководство округа вынуждено было отказаться от своей затеи.

В 20-х годах 19 века П. К. Фролов хотел обогащать зырянскую руду путём обжига в кучах перед промывкою для извлечения из неё золота. Но золото поглощалось свинцом, и его содержание в руде после обжига даже уменьшалось. Обжигая руду в специальных печах, на Барнаульском заводе стали получать много свинца, причём «выплавка свинца достигла такой величины, что с 1824 по 1830 г. не требовалось доставления этого металла из Нерчинского завода»<sup>1</sup>.

В 1830 году бергмейстер П. М. Залесов попросил разрешения у начальника Колывано-Воскресенских заводов на производство опытов, которые позволили бы уменьшить почти вдвое «угар» серебра и сократить на 11—16 тысяч пудов потери свинца. «Способ сей не могу ещё представить во всей его полноте и достоверности к рассмотрению, — писал он в рапорте, — не испытыв... тех только случаев, которые в кругу плавильного оборота к достижению предполагаемой пользы необходимы». В проекте было указано, что для успеха «нужно будет переменить только метод плавки и больше ничего». Из

<sup>1</sup> «Русский биографический словарь», изд. 1901 г., т. 22, стр. 240.

документов видно, что Залесов предполагал обжигать обогащённую руду перед плавкой.

Залесову разрешили провести такие опыты, но результаты их пока неизвестны.

Приведённые выше данные свидетельствуют о том, что алтайские металлурги отчётливо сознавали необходимость улучшить технологический процесс в цветной металлургии, ликвидировать отсталость техники, вызванную тем, что длительное время алтайские заводы работали только на сырье, богатом благородными металлами.

Но все проекты передовой части русских инженеров постигла одна и та же судьба — Кабинет отвергал технический прогресс, не хотел менять издавна заведённых порядков.

Наряду с изменением технологического процесса, алтайские инженеры считали необходимым механизировать заводы. Даже в первой половине 19 века на алтайских заводах забота о внедрении механизации сводилась к усовершенствованию воздуходушных установок.

Централизованные установки для подачи воздуха в плавильные печи стали применяться на Алтае ещё в конце 18 века. В первом десятилетии 19 века на заводах появились цилиндрические установки. В 1805 году Бичтов предложил восьмицилиндровую воздуходушную машину. Такие машины были установлены на Змеиногорском заводе П. Г. Ярославцевым в 1808 году, на Локтевском заводе Бичтовым в 1807 году. В перестройках заводских воздуходушных установок принимали активное участие М. С. Лаулин и П. М. Залесов.

Над конструированием новых типов воздуходушных машин работали многие алтайские инженеры. Ряд конструкций создал замечательный паротехник Степан Васильевич Литвинов.

В 1828 г. С. В. Литвинов разработал конструкцию воздуходушной машины с паросиловой установкой — «цилиндрический мех, доставляющий наружный холодный воздух в деревянные трубы для паросжимателя (конденсатора паровой машины — Н. С.). Если же действие машины предназначается на движение только воздуходушных мехов для плавильного производства, тогда при сих (мехах — Н. С.) после них первой уже будет не нужен и потому механизм оных остаётся по расположению, изображённому в чертежах вторым и третьем», писал Литвинов в объяснительной записке к чертежам.

Из чертежей видно, что во втором этаже машинного зала были поставлены два цилиндрических меха с тягами от концов балансира к поршням. От мехов идут общие «воздушные» трубы, в которых укладываются паровые трубки конденсатора. Воздух, нагретый отработанным паром, поступает в третий «цилиндрический мех, в коем вставленный шкун (поршень —

Н. С.) с наложенной тяжестью, поднимается стремлением сильного воздуха, при всяком ослаблении опускаясь, уравнивает течение оно на действие». Этот третий цилиндрический мех был фактически регулятором дутья, обеспечивающим непрерывность струи воздуха и её постоянную скорость.

Литвинов запроектировал подачу воздуха в печи «при плавильном производстве» в горячем состоянии. Это был один из первых в мире проектов применения горячего дутья при металлургических процессах. К сожалению, это предложение постигла та же судьба, что и проект паросиловых установок С. В. Литвинова. Оно стало известным спустя 120 лет после того, как С. В. Литвинов внёс его на рассмотрение Кабинета. Чиновники Кабинета похоронили и этот проект в архивах.

Бичтов, Бровцин, Литвинов, Залесов, П. К. Фролов своим творчеством доказали, что отсталость промышленности была обусловлена не «технической безграмотностью» русского народа, а крепостной системой хозяйства и реакционной политикой царского правительства.

### МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 19 ВЕКА

К началу 19 века на Алтае действовало большое число шахт, рудников, плавильных и обогатительных заводов. Потребность в руде всё возрастала, а её добычу приходилось вести на глубоких выработках, ибо близкие к поверхности пласты были истощены хищнической эксплуатацией.

Эти обстоятельства настоятельно требовали коренной перестройки горного производства, в первую очередь — его механизации. Между тем, после отставки К. Д. Фролова работы по механизации шахт и рудников заглохли. Ни горное начальство Колывано-Воскресенских заводов, ни Кабинет не видели того, что техническая отсталость горной промышленности Алтая приняла угрожающие размеры.

Лишь с 1817 года, с момента прихода П. К. Фролова к руководству заводами, начались серьёзные работы по механизации горного производства. П. К. Фролов руководил Колывано-Воскресенскими заводами с 1817 по 1830 год. Он добился стабилизации выплавки серебра, повысил выплавку железа, стали, чугуна, меди, свинца, увеличил добычу золота. Все работы по механизации горной промышленности проводились силами местных кадров, выдвинутых и воспитанных П. К. Фроловым.

П. К. Фролов считал чрезвычайно важным механизировать водоподъём. Первым он решил механизировать Риддерский рудник, и в 1818 году направил туда горного офицера Сметанина с поручением представить проект механизации.

Сметанин не справился с задачей — П. К. Фролов не утвердил его проект, и вопрос о механизации Риддерского рудника был отложен до 1822 г. В этом году П. К. Фролов поручил это дело Павлу Григорьевичу Ярославцеву.

Ярославцев закончил свой проект в 1823 году. Он предлагал поставить «водоналивное колесо диаметром 5 сажен, шириною или в разnose 3,5 фута», а на случай «какой-либо усею колеса поправки или остановки, устроить таковое же другое, чем совершенно может прекратиться в упомянутом руднике от накопления воды в горных выработках остановка».

От этого колеса движение должно было передаваться на 200 сажен штангами, уложенными на чугунные блоки, укрепленные на вертикальных стойках. Над стволом шахты устанавливались «полукрестки» (балансиры), передающие через висячие штанги с «крызмами» движение поршням насосов.

29 мая 1823 года П. Г. Ярославцев рапортовал: «честь имею донести, что я взялся в Риддерском руднике за устройство водоотливной машины 28 сего месяца». Пуск первой очереди этой машины (без запасной установки) состоялся 8 августа 1824 года. От этой же машины были проведены штанги к Благовещенской шахте. За два дня было «отлито воды 2 сажени и 4 аршина» из каждой шахты.

П. Г. Ярославцеву принадлежит приоритет в создании машины, которая от одного водоналивного колеса передавала движение к поршням насосов, установленных в двух различных шахтах.

Машина, построенная П. Г. Ярославцевым, работала длительное время. Головная часть канала была удалена от водоналивного колеса на расстоянии 1 600 метров. На р. Быструхе была построена плотина. Канал подходил к деревянному ларю длиной в 25 метров, поднятому над землей на 8,5 м. Ларь опирался на 14 пар деревянных свай.

Водоналивные колёса, диаметром в 8,5 м, помещались в деревянном здании. От каждого колеса две линии штанг, уложенных на столбах, высотой в 5 м, шли через реку Филипповку, к отводам шахт. Длина передачи равнялась 385 м, общая длина всех штанг составляла 1 540 м.

П. Г. Ярославцев разработал также проект рудоподъемника. Устройство этой «ролевой» дороги, как назвал свой подъемник Ярославцев, было несложным. Вглубь шахты опускался наклонный деревянный помост с бортами, по которому могли перемещаться две тележки. Вертикальный вал получал вращательное движение от конного привода. На вал наматывался канат, один конец которого поднимал тележку, а другой, при размотке, опускал другую тележку вглубь шахты. Рассматривая проект, П. К. Фролов порекомендовал для направления движения тележки устроить желобки, по которым будут пере-

мешаться колёса. В этот же период на Змеиногорском руднике были проложены внутри подземных выработок чугунные валики для облегчения движения тележек, гружённых рудой.

В 1828 г. Ярославцев построил оригинальную водоподъёмную машину для Зырянского рудника. Она имела деривационную гидротехническую установку с длинным каналом. Канал заканчивался небольшим бассейном, «служащим к уравниванию действующей воды». От канала на уровне 4 метров над поверхностью земли шла труба длиной в 760 метров. Установка имела два водоналивных колеса, диаметром по 10,7 метра каждое.

Движение от колёс передавалось посредством четырёх, параллельно расположенных, металлических штанг на расстоянии 422 метра. Штанги имели «винты для уравнивания... при ощутительных переменах состояния температуры».

На всём расстоянии от колёс до шахтного ствола было установлено 39 вертикальных воротов, концы их рукояток соединялись со штангами. Для вращения воротов под нижний конец вала каждого из них закладывался деревянный брус, названный «огнивом», концы которого прикреплялись к двум вертикальным стойкам, забитым наполовину в землю. Стойки скреплялись поперечным брусом, служившим опорой для верхнего конца вала ворота.

Штанговая передача Зырянской машины передавала движение из низины на склон горы. В Алтайском краевом музее хранится фотография этой установки, сделанная в 1873 году. На фотографии видно, что машина проработала 45 лет без каких-либо конструктивных изменений.

Штанговые машины П. Г. Ярославцева значительно облегчили работу на Зырянском и Риддерском рудниках. На конструкции этих машин видно влияние творчества К. Д. и П. К. Фроловых.

Штанговые машины П. Г. Ярославцева впервые централизовали работу двигателя, обслуживающего весь рудник. Каждое водоналивное колесо этих установок обслуживало одновременно несколько шахт. Ярославцев изобрёл ряд простых систем передачи движения на большие расстояния по поверхности земли от двигателя к машинам-орудиям. Он смело прокладывал длинные деривационные каналы, применял деревянные трубы для подвода воды к двигателю, хотя в тот период алтайские заводы, в основном, строили подземные деривационные каналы. Длительная эксплуатация построенных Ярославцевым машин показала их большую прочность и высокую по тому времени экономичность.

П. Г. Ярославцев построил модели ряда механизмов для Павловского, Томского и Змеиногорского заводов, а также создал модели для основанного П. К. Фроловым Барнаульско-

го музея. П. Г. Ярославцев являлся основным механизатором рудников и заводов Алтая на протяжении почти всей первой половины 19 века.

В конце 1830 года унтер-шихтмейстер Василий Егорьевич Речкунов представил горному начальнику Кольвано-Воскресенских заводов Безру проект «О новом способе золотопромывания». Речкунов предложил построить универсальную золотопромывательную машину.

Промывка золота характеризуется Речкуновым, как «общенародная промышленность, которая независимо от других удобна доставлять все средства к государственному благосостоянию». Изобретатель отмечает, что современные золотопромывательные машины значительно лучше старых установок, «но всё ещё требуют великого числа рук и времени». Считая что «рукодейственность (ручная работа — Н. С.) бывает безмерно утомительна», особенно «в ночное время», и это служит лишним источником потерь золота, Речкунов утверждал, что при помощи изобретённой им машины «двадцатью работниками можно заменить до трёхсот человек».

«Я целый год томился нерешимостью сделать представление моё в пользу промышленности сей», пишет Речкунов в своём проекте. Он не мог проверить правильность конструкции машины, поскольку ему не приходилось работать по промывке золота из песков и опасался, что начальство, заметив недостаток, сочтёт его за «важнейшее упущение». «Но убеждённый продолжительными опытами в главнейшем достоинстве моей машины вступил, наконец, на то поприще, в котором редко удаётся быть щастливым — без особого на то щастия». Это «поприще» — изобретательство. Речкунов знал судьбу многих изобретений Залесова, П. К. Фролова, Литвинова.

Оценивая своё изобретение, Речкунов писал: «Не отваживаюсь думать, что способ сей наилучший и во всём совершенный... считаю оный превосходным против всех известных мне по предмету сему устройств, ибо сим способом можно удовлетворить получению золота из песков и руд». Универсальность своей машины В. Е. Речкунов считал основным её достоинством. Кроме того, он подчёркивал, что она значительно облегчит труд мастеровых.

Речкунов был знаком с уральскими золотопромывательными установками. Отмечая недостатки уральских машин, он писал: «Они (уральские инженеры) без сомнения не были спокойными зрителями сих по производству несовершенств, но по возможности улучшили оное... но известия об успехах сих не достигли ещё того отдалённого края Сибири, где я имею своё служение». Речкунов был уверен в том, что русские изобретатели после 1815 года внесли ряд изменений в конструкцию золотопромывательных машин. Он не ошибался — действитель-

но, на Урале в 1815—1830 гг. Аносов, Черепанов и другие внесли ряд усовершенствований в конструкцию золотопромывательных машин.

Машина Речкуновым была создана в период развития новой отрасли горной промышленности — добычи рассыпного золота. В 1830 году на Алтае, на р. Фомихе, нашли рассыпное золото. Здесь был основан Егорьевский прииск.

Машина В. Е. Речкунова состояла из трёх основных частей: ситосадочной (три решета с различными диаметрами отверстий), мутильных бочек и «неподвижного верстака». Он называл её «ситосадочно-мутильной машиной». Все подвижные части машины и транспортёр для подъёма руды или песка изпод толчей приводились в движение одним водоналивным колесом — центральным двигателем всей установки.

На валу водоналивного колеса помещались два шкива с конической шестернёй. Коническая шестерёнчатая передача приводила в движение вертикальный вал с тремя эксцентриками, кривошипным механизмом и небольшим валиком. Вертикальный вал поднимался вверх через три этажа. На третий этаж, помимо лестниц, шёл «шлюз» (наклонная плоскость, огороженная перилами). На чертеже у этого «шлюза» показаны направляющие лежни, по которым «известным способом навивания каната, заменится бремя трудов рабочих людей, поднимаемая силою механизма песком, нагружённую тележку». Как и на рудообогатительной фабрике на р. Корбалихе, на «ситосадочно-мутильной машине» имелся лежневый транспортёр, приводившийся в движение посредством валика, укрепленного на стоячем валу передачи движения от водяного колеса.

Так В. Е. Речкунов продолжил творчество К. Д. Фролова в области механизации внутризаводского транспорта. Песок или толчёная руда попадали в сито, расположенное на третьем этаже. Железные грабли, приводимые в движение кривошипным механизмом, перемешивали песок или руду, эксцентрик, насаженный на вертикальный вал, за один оборот водяного колеса дважды встряхивал сито.

Над ситом проходила водопроводная труба или «широкие от трубы жёлобья с маленькими на дне дырами, через которые будет проникать вода в виде крупного дождя». Проваливаясь сквозь отверстия в сите, рудные частички и золото вместе с водою попадали на втором этаже в сито с более мелкими ячейками. Оно также встряхивалось эксцентриком, но не имело граблей. Частицы песка и руды, проходившие через второе сито, попадали на третье с ещё меньшими ячейками, расположенное на третьем этаже. Отсюда песок или руда попадали на «деревянные сливы» (лоток, поставленный наклонно) и направлялись на последующие операции.

«Ситосадочная» часть машины предназначалась в основном для промывки золотоносного песка. Сита должны были сортировать песок с тем, чтобы на промывку шли одинаковые по размерам частицы пустой породы и золота. Изобретатель считал, что сита смогут сортировать частицы песка от размеров пшеничного зерна до мельчайшей пыли. Машина была снабжена двумя такими механизмами, что позволяло точно сортировать золотоносный песок.

«Таким образом, от производства ситосадочной работы получаются вдруг пять сортов песка, один другого мельче, один другого богаче, а поелику последний из них есть самый богатейший и беспрекословно всегда может состоять из большой части мельчайших пыли подобных частиц», то, по мысли Речкунова, этот осадок должен был проходить механическую обработку в «мутильных бочках». Остальные сорта песка должны были промываться вручную.

Для спуска осадков из сит служили «шлюзы» — ролевые дорожки, по которым скатывались вниз ящики без колёс. Каждый сорт песка промывался отдельно, причём более мелкий песок подвергался более тщательной промывке.

Так, например, самый мелкий песок вместе с водой попадал в «мутильные» бочки, установленные в верхней части «неподвижного верстака». Бочка была снабжена валиком с большим числом «игл», имеющих «для удобнейшего прорезывания шлиха остроконечную эллиптическую фигуру в толщине». Валики с иглами Речкунов назвал «мутовками». При разгрузке бочек они вынимались. Во время промывки песка мутовки соединялись с валиками малых шкивов. Между ними и валом водяного колеса были натянуты бесконечные ремни, приводившие мутовки во вращательное движение.

Прорезая и взмучивая осадок, иглы мутовок ускоряли промывку песка. Вода с лёгкими частицами пустой породы сливалась на «неподвижный верстак». Бочки разгружались от шлиха до шести раз в сутки, и каждый раз это влекло остановку машины. Однако Речкунов считал, что разгрузка бочек отнимет немного времени. После всех операций в бочках собирался осадок, богатый золотом. Его нужно было промыть на вагтердах, а затем химическим путём очистить золото от примеси.

Речкунов допускал, что из бочек может ускользнуть часть золота, как в виде мельчайших частиц, так и при пуске большего, чем необходимо, количества воды. Неподвижный верстак, представлявший собою наклонный жёлоб, для удержания таких частиц имел на некотором расстоянии от бочек «порог», т. е. небольшую деревянную заслонку. Периодически осадок, скапливавшийся возле порога, подвергали лабораторному исследованию. При обнаружении большого количества золота осадок снова промывали.



Сравнивая работу своей машины с другими, известными ему, Речкунов подчёркивал, что на все операции, начиная от сортировки вплоть до получения чистого золота, «ситосадочно-мутильная машина» потребует на 4 000 пудов песка 450 рабочих, тогда как для промывки такого количества песка на других машинах требовалось 800 рабочих. Речкунов считал, что 4 000 пудов песка или истолчённой руды «ситосадочно-мутильная машина» способна пропустить в одни сутки.

Судьба проекта В. Е. Речкунова пока неизвестна. Тем не менее, на Егорьевском прииске уже в 1835 году применялись установки, снабжённые ситами и бочками с мутовками.

Проект Речкунова является одной из первых попыток построить универсальную золотопромывальную установку.

В. Е. Речкунов нашёл способ сортировки золотоносного песка, изобрёл оригинальные мутильные аппараты, применил лежневую дорогу, как средство внутривозовского транспорта.

Имя Василия Егорьевича Речкунова, забытое в прошлом, пользуется заслуженным уважением советских людей.

В конце 40-х годов 19 века на Алтае работали золотопромывательные машины конструкции П. П. Аносова. В августе 1850 года он писал: «Устроенная по моему проекту машина действовала до сего времени не с полной выгодой, за сделанными ошибками при устройстве». Он указывал, что условия «дают возможность и убогие пески обрабатывать с особенною выгодой на вышеупомянутой машине».

В устройстве машины должно оставаться неизменным главные части оной, а именно глухая и решётчатая чаши. Но что надлежит до протирки мути, то вместо корыт с граблями, можно устроить или корыта с боронами, подобно тому, как уже устроены на Царевониколаевском руднике, или ежи по способу, изобретённому подполковником Иваницким».

Таким образом, через 20 лет после проекта Речкунова применяли глухие чаши (бочки), решётчатые чаши (сита), «грабли» для «растирки мути» и «ежи». Всё это напоминает «мутовки» конструкции Речкунова. Так идеи, высказанные Речкуновым, нашли приложение в конструкции золотопромывальных машин.

В Алтайском краевом государственном архиве хранятся чертежи, показывающие механизацию Кольванской шлифовальной фабрики. Они представляют большую ценность, поскольку техника камнерезного искусства этой фабрики, получившей в середине 19 века мировую известность, до настоящего времени не освещена в литературе. Управляющим фабрики с 1811 г. по 1835 год являлся М. С. Лаулин, выдающийся инженер-механик. Возможно, что он построил некоторые из машин, изображённые на чертежах. Вероятность такого предположения близка к истине и потому, что до 1817 года Коль-

ванская фабрика занималась в основном шлифовкой поделочных камней, а для украшения своих изделий применяла бронзу.

Только после открытия по инициативе П. К. Фролова школы в Горной Кольвани для обучения детей мастеровых рисованию, лепке и резьбе по камню, фабрика переходит к изготовлению мелких вещей, а затем и крупных изделий, украшенных резьбой.

Фабрика имела разнообразный станочный парк: «станки с разрезными железными кругами для разделки каменных пород на части», «верстаки» (токарные станки), «сверлильный станок», «станки со свинцовыми шкивами для шлифовки каменных вещей», «станки с оловянными шкивами для полировки каменных вещей», «машинка для амбронной работы на каменных вещах как то: разного образования цветков и тому подобного», «гранильные машинки». Эти механизмы имели «на шестернях железные рычаги на случай остановки части машин», а также «выключную машину» для остановки всей фабрики. Станочный парк приводился в движение водоналивным колесом.

Следовательно, утвердившееся в литературе представление о том, что алтайские камнерезы обрабатывали изделия в основном ручным способом, не вполне соответствует истине. Только небольшие работы, требующие большого искусства и особой точности, выполнялись вручную. Резка, сверление, шлифовка, полировка, огранка камня и даже некоторые виды резьбы производились на станках. Отделка огромных ваз, чаш, колонн и других громоздких изделий производилась в специальном одноэтажном корпусе, носившем название «Колоссальная шлифовальная фабрика».

Оборудование этой фабрики уступало оборудованию главного фабричного корпуса. Здесь были установлены три станка: «жернова» и «чугунные кулаки для толчения ножака», станок «для шлифовки большой колонны», и станок «для выемки ложек на колоннах». Конструкция этого станка представляет большой интерес. Качалки, соединённые с водоналивным колесом, приводили в движение долота, вырубавшие по длине колонны желобки, шлифовка которых производилась вручную.

Следовательно, на Кольванской фабрике ручной труд в основном применялся на отделке крупных изделий. Остальные виды работ были механизированы. Тяжёлый труд камнерезов был в значительной степени механизирован ещё в 20-х годах 19 века, при большой поддержке П. К. Фролова.

С его именем связано начало полиграфической промышленности на Алтае. Он основал первую в Сибири бумажную фабрику в Барнауле в первую типографию на Алтае.

В феврале 1822 года Я. А. Катин писал П. Г. Ярославцеву:

«Г. шихтмейстер Ярославцев! По предписанию начальника заводов и кавалера (П. К. Фролова — Н. С.) назначено вам заняться: 1. По большим расходам, которые выходят на бумагу для канцелярий и для других мест предположил он, начальник, завести в Барнауле бумажную фабрику на заводской щёт и для чего поручил вам заметить бумажные фабрики как в чужих краях, так и в других местах, и потому имейте, прежде нежели приступлено будет вами к постройке оной, сделать сметы: 1) во что обойдётся строение фабрики такой величины, которая могла снабдить годовой пропорции все заводские места до 1 500 пишей и карточной 10 стоп.

2) Что будет стоить выделка бумаги в таком количестве, какое потребно для заводов.

3) Фабрика назначается в Барнауле деревянная, на том месте, где ныне находится старая пильная мельница, с тем, чтобы на нижнем этаже был механизм и вся работа бумаги, а в верхнем сушильня для оной...

Как дело бумаги будет полагаться производить из старых канатов по малому количеству тряпья, которое можно собрать в заводах, то на сей предмет обратите ваше серьёзное внимание и сделайте также расчёт, выгодно ли будет делать бумагу из пеньки и старых денежных мешков».

П. К. Фролов задумал построить фабрику ещё в 1818 году, когда он командировал П. Г. Ярославцева за границу. В том же году он направил на Петергофскую бумажную фабрику для изучения её устройства «механики ученика» Климова.

Ярославцев и Климов возвратились в Барнаул в 1821 году, и П. К. Фролов приступил к постройке фабрики. Ярославцев и Климов, которым была поручена эта работа, должны были руководствоваться только общими указаниями П. К. Фролова. Во всём остальном им была предоставлена полная самостоятельность. Таким образом, постройка бумажной фабрики являлась своего рода «дипломным проектом» для бывшего «машинного подмастера» Ярославцева, повышенного П. К. Фроловым в шихтмейстеры.

Ярославцев с честью выдержал этот экзамен. Познакомившись с проектом П. К. Фролова, он пришёл к выводу, что строить фабрику целесообразнее на территории плавильного завода. П. К. Фролов согласился с этим предложением.

Рассмотрев материалы Ярославцева, он писал: «Механизм бумажной фабрики, согласно предложению шихтмейстера Ярославцева, поместить в отделении 1-й плавильной фабрики с тем, чтоб:

3. На канале по которому будет течь вода из под колеса механизма, для выделки бумаги устроенного, построить колесо для молота, которым будет гладиться и сколачиваться бумага...

5. Для постройки механизма бумажной фабрики прикомандировать ученика Климова, бывшего на Петергофской фабрике».

П. К. Фролов намечал построить на фабрике каскадную гидроустановку. Два водоналивных колеса должны были стоять на одном канале и использовать один и тот же водяной поток. Так сын К. Д. Фролова сделал попытку расширить применение гидросиловых каскадов на Алтае.

П. К. Фролов направил в Петербург для обучения «типографическому искусству» горняка Дениса Петровича Аркашева, который привёз из Петербурга типографское оборудование, и в 1829 году в Барнауле начала работать первая на Алтае типография.

Типография обслуживала нужды заводов в различного рода документации, печатала распоряжения начальства и т. п. Она просуществовала до 1917 года, причём в конце 19 века она начала выпускать и книжную продукцию.

Мы привели данные о наиболее выдающихся изобретениях, сделанных на Алтае в период расцвета горной промышленности (1760—1830 гг.). Мы назвали имена ряда людей, незаслуженно забытых в царской России. Следует отметить, что новаторы техники на Алтае зачастую были поставлены в более тяжёлые условия, чем их соотечественники на Урале, Петербурге, Москве, Горьком и других промышленных центрах.

Алтай дал замечательную плеяду русских изобретателей. И. И. Ползунов, К. Д. Фролов, Д. Ф. Головин, Ф. С. Ваганов, М. С. Лаулин, П. М. Залесов, С. В. Литвинов, П. К. Фролов, Е. А. Третьяков, П. Г. Ярославцев, В. Е. Речунов, П. П. Аносов и многие другие внесли огромный вклад в развитие не только отечественной, но и мировой техники.

Среди изобретателей, указанных выше, нет ни одного представителя привилегированных классов. Вышедшие из крепостных или из податного сословия, новаторы русской техники не стремились к личной наживе, к славе и почестям. Своё творчество они ставили на службу русскому народу, на службу своей Родине.

### КУЛЬТУРНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ АЛТАЯ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 19 ВЕКА

П. К. Фролов был высоко-образованным и культурным человеком. Он собрал богатые коллекции древних рукописей, художественных изделий, картин и т. п.

Страсть к изучению истории родного края привил ему первый историк и публицист Сибири — Григорий Иванович Спасский, который, наряду с археологией и «древностями» Сибири, занимался вопросами истории горного производства.

П. К. Фролов находился в тесном общении с этим неутомимым исследователем.

В 1825 году исполнилось 100 лет со дня постройки первой на Алтае медеплавильной печи в районе Кольванского (Первоначального) рудника. П. К. Фролов решил отметить это событие.

В феврале 1822 года Ярославцеву были переданы следующие задания П. К. Фролова: «Прикажите ученикам вашим, которых вам будет дано 6 человек, построить две модели паровых машин: одну бывшей здесь устроенной г. Ползуновым (чертёж при сём прилагается), а другую по новой конструкции и также сделать модель водостолбовой машины, чертёж которой можете найти у Демиуса».

Затем на Змеиноморском руднике были построены модели «Зменной горы», промывательных установок на реке Корбалихе, водо- и рудоподъёмных машин, сконструированных К. Д. Фроловым. На Сузунском заводе была построена модель станка для чеканки медной монеты.

Строились модели учениками Барнаульского горного училища и горнозаводских училищ под руководством П. Г. Ярославцева и Климова, по чертежам и описаниям, хранившимся в архиве Кольвано-Воскресенских заводов. Материал в архиве собирал, по заданию П. К. Фролова, его личный секретарь, инспектор училищ А. Карпинский.

П. К. Фролов собирал также коллекции горных пород, продукции, выпускаемой заводами, инструментов. Все заводы и рудники принимали участие в этой большой работе.

В собирании коллекций принимали участие врачи Барнаульского, Змеиноморского, Сузунского и других госпиталей. Для этой цели им предоставлялись даже научные командировки. Они собирали растения, шкурки животных, одежду, обувь, орудия национальностей, населявших Алтай.

Сборы коллекций велись не только на территории Кольвано-Воскресенских заводов, но и в других районах Сибири. В «формуляре» лекарского ученика Барнаульского госпиталя Поморцева в 1830 году была сделана запись о том, что он в 1821 году собирал коллекции насекомых в Нерчинске.

На Барнаульском заводе появились работники новых профессий. Бывший лекарский ученик Барнаульского госпиталя, сын мастерового Барнаульского завода, значится находящимся в 1830 году «в Барнаульском заводе при чучельном мастерстве». В сведениях о нём записано, что он был «в 1821 году послан в Москву для изучения набивки чучел». Это был первый на Алтае препаратор, создавший коллекции птиц, млекопитающих и других животных.

Вначале коллекции были распылены между различными учреждениями. Модели и макеты горных машин были сосре-

доточены при Канцелярии Колывано-Воскресенского горного начальства, и эту коллекцию ещё в 1826 году П. К. Фролов называл «Барнаульским музеумом». Коллекции флоры и фауны хранились при госпитале, минералогические коллекции были собраны в «минеральном кабинете» при барнаульской чертёжной, много коллекций находилось в Барнаульской библиотеке, Горном училище и лично у П. К. Фролова.

13 (27) июля 1827 года П. К. Фролов приказал всем этим учреждениям передать коллекции в заведывание шихтмейстеру Тистрову, назначенному заведывающим («приставом») Барнаульского музея. Так в Барнауле был основан первый на Алтае музей.

Направляя в музей какую-либо коллекцию, П. К. Фролов в большинстве случаев приказывал, чтобы её занесли в каталоги музея «без указания цены».

В 1828 году было объединено руководство музеем и библиотекою. Получая от ряда учёных в подарок их труды с автографами, П. К. Фролов направлял эти книги вместе с письмами в библиотеку. Зная, что П. К. Фролов интересуется всякими «древностями», направляющие рудниками и заводами, старшинами и «земские управители», направляли ему заслуживающие интереса предметы подобного рода. Вещи, имеющие научную ценность, Фролов передавал для изучения «экспедитору» Г. И. Спасскому, остальные поступали в Барнаульский музей. С 1823 и по 1830 год Барнаульский музей очень быстро пополнялся коллекциями и превратился в «горнозаводский, естественно-исторический, этнографический и археологический музей округа».

В 1828 году по указанию П. К. Фролова музей завёл книгу: «Собственноручные подписи особ, почтивших своим посещением Барнаульский музей», которая вскоре стала заполняться записями посетителей. Первую запись в книге сделал известный натуралист Александр Гумбольдт в 1829 году. За 1829—1830 гг. в книгу внесено 8 записей. Все они отмечают большое научное и познавательное значение музея, созданного «неутомимостью его превосходительства, П. К. Фролова, г. начальника Колывано-Воскресенских заводов». В записях отмечалось, что П. К. Фролов лично сопровождал посетителей и вёл с ними «назидательные беседы».

Барнаульский музей прошёл длинный путь и ныне является Алтайским краевым музеем. Здесь выставлены уникальные экспонаты, поступившие в музей в первые годы его существования. В их числе — модель двигателя Ползунова по проекту 1763 года, сузунский станок для чеканки монет с коллекцией натуральных чеканов 1765—1830 гг., модель «Змеёвой горы», водостолбовая машина, модель паровой машины начала 19 века.

Эти модели являются первыми памятниками творчества И. И. Ползунова и К. Д. Фролова. Модель двигателя И. И. Ползунова построена П. Г. Ярославцевым и Климовым по распоряжению П. К. Фролова в 1825 году и на протяжении всей истории Барнаульского музея является основным его экспонатом. Она показывает конструкцию двигателя в его первоначальном виде.

Модели, отображающие творчество К. Д. Фролова, почти не сохранились. Лишь модель «Змеёвой горы» показывает рудник середины 18 века. На ней хорошо видны конные рудоподъёмники, установленные над шахтными стволами. Эти машины построены К. Д. Фроловым в 60-х годах 18 века.

Большой интерес представляет модель станка для чеканки монеты Сузунского завода, построенная в 1828 году. Она состоит из водоналивного колеса, зубчатой передачи, маховика и оригинального механизма перевода станков с рабочего хода на холостой и обратно без прекращения работы водоналивного колеса.

В седьмой книге «Горного журнала» за 1827 г. опубликована статья Карпинского о К. Д. Фролове. Огромный интерес представляет редакционное примечание к этой статье. Оно впервые утверждает приоритет Ползунова, как изобретателя и строителя «первой в России паровой машины». Автор статьи указывает, что утверждение, будто первая в России паровая машина была построена в Кронштадте в 1777 году, не соответствует истине. Надпись на модели также утверждала, что она представляет собою первую в России паровую машину, построенную Ползуновым в 1764 году.

Авторы надписи допустили ошибку, считая, что модель, хранящаяся в Барнаульском музее, представляет машину Ползунова. В действительности она изображает её первый вариант.

Поднимая вопрос о приоритете Ползунова, Карпинский опередил на ряд десятилетий историков техники в дореволюционной России, которые ограничивались публикацией сведений об иноземных изобретениях и либо вовсе замалчивали, либо извращали творчество русских изобретателей.

Видное место в работах по истории русской техники 18 века занимает опубликованная в «Горном журнале» статья Карпинского, на которую мы ссылались выше. До 1940 года она являлась единственным источником сведений о К. Д. Фролове.

Мероприятия по увековечению памяти первых русских изобретателей, проведённые П. К. Фроловым, были приурочены к столетнему юбилею Колыванских заводов. Помимо этого, он построил к юбилею два памятника и центральную площадь в Барнауле. Один из памятников был поставлен на месте строительства первой на Алтае медеплавильной печи на реке Локтевка в 1725 году. Этот памятник не сохранился. В Алтай-

ском краевом музее хранится камень из этого памятника с надписью: «Прежде бывшей Кольванской завод устроеной в 1725 г. заводчиком г. Демидовым».

Центральная площадь в Барнауле была построена в районе плотины Барнаульского сереброплавильного завода. В её строительстве принимали участие архитекторы Иванов, Молчанов и Попов. Последний, по направлению П. К. Фролова, учился в Академии художеств в Петербурге.

Площадь представляла собою прямоугольный четырёхугольник. Одна из её сторон была незастроена и открывала вид на завод. На юго-западной стороне площади намечалось строительство здания госпиталя. На смежной с ней стороне стояло здание горного училища, в котором размещался также и музей, на противоположной — здание «богадельни» (инвалидного дома). Стройка производилась за счёт экономии средств, отпускаемых Кабинетом на заводы.

В центре площади предполагалось установить гранитный обелиск с чугунными плитами. Строительство площади и памятника было в основном закончено в 1830 году. Однако вместо «богадельни», в предназначенное для неё здание, был помещён в 30-х годах 19 века аппарат управления Алтайского горного округа. На плане г. Барнаула 1835 года все здания и памятник «Столетий Кольванских заводов» нанесены, как построенные, хотя здание «богадельни» ещё не имело определённого названия и, вероятно, достраивалось.

Старая центральная площадь Барнаула ныне несколько изменилась. Хорошо сохранились корпуса бывших госпиталя и горного училища, занятые Алтайским сельскохозяйственным институтом. В отличном состоянии находится построенный П. К. Фроловым памятник 100-летию горного производства. Остальные здания потеряли свой первоначальный вид.

После 1830 года имена новаторов техники, работавших на Алтае, были забыты. Лишь в конце 19 века журналы «Русская старина» и «Известия Томского технологического института» опубликовали статьи, посвящённые И. И. Ползунову.

В наши дни имя И. И. Ползунова широко известно всему советскому народу.

В 1950 году общественность СССР отмечала память К. Д. Фролова в связи со 150-летием со дня его смерти. Ряд работ посвящены творчеству П. К. Фролова.

На Алтае взяты на учёт и под охрану многие памятники творчества русских изобретателей.



## СОДЕРЖАНИЕ

### Выдающиеся изобретения 18 века.

Горное производство на Алтае в 18 веке . . . . .	3
Начало творчества И. И. Ползунова . . . . .	9
Первый в мире универсальный тепловой двигатель . . . . .	16
Первый в мире завод-автомат . . . . .	23
Крупнейшее гидротехническое сооружение 18 века . . . . .	30
Механизация металлургического производства на Алтае в 18 веке . . . . .	49
Механизация транспорта на Алтае в 18 веке . . . . .	55
Рудничные сооружения и механизмы . . . . .	58

### Творчество новаторов русской техники на Алтае в первой половине 19 века

Горное производство на Алтае в первой половине 19 века . . . . .	60
Первая русская паровая турбина . . . . .	65
Паровые машины системы С. В. Литвинова . . . . .	70
Первая русская рельсовая дорога . . . . .	81
Внедрение кокса в чёрную металлургию . . . . .	93
Рационализация цветной металлургии и её механизация на Алтае в первой половине 19 века . . . . .	98
Механизация горной промышленности в первой половине 19 века . . . . .	103
Культурные учреждения Алтая в первой половине 19 века . . . . .	112

---

**АЛТАЙСКОЕ  
КРАЕВОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО**

*Вышли в свет и поступили в продажу  
следующие книги:*

А. ГОЛУБКОВ.

**ПАРТИИНЫИ КОНТРОЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
КОЛХОЗА**

Тираж 6 000. 46 стр. Цена 1 руб.

А. КАРАМЫШЕВ.

**КОММУНИСТЫ ОДНОГО КОЛХОЗА**

Тираж 4 000. 44 стр. Цена 1 руб.

**ТЕБЕ, РОДИНА.** Литературно-художественный сборник.

Тираж 8 000. 124 стр. Цена 4 р. 50 коп.

М. ЮДАЛЕВИЧ.

**ПО АЛТАЮ.** Стихи для детей.

Тираж 25 000. 24 стр. Цена 2 руб.

**КРЕСТЬЯНСКИЕ ВОЛНЕНИЯ В АЛТАЙСКОМ ОКРУГЕ  
В 1905—1907 гг.** Сборник архивных документов.

Тираж 6 000. 156 стр. Цена 3 р. 50 коп.

Н. ЗЕРОВ, К. САКУН.

**АЛТАЙСКИЙ КУРОРТ БЕЛОКУРИХА.**

Тираж 8 000. 32 стр. Цена 70 коп.

Т. МАКЕЕВ.

**К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
НА АЛТАЕ**

Тираж 5 000. 80 стр. Цена 1 р. 75 коп.

П. СТАРОЖИЛОВ.

**ОВЦЕВОДСТВО КОЛХОЗА «СТРАНА СОВЕТОВ».**

Тираж 5 000. 40 стр. Цена 90 коп.

З. ЛУЧНИК.

**ОЗЕЛЕНЕНИЕ КОЛХОЗОВ АЛТАЯ.**

Тираж 5 000. 68 стр. Цена 1 р. 50 коп.

Электронная библиотека АКУНБ, [elib.altlib.ru](http://elib.altlib.ru)

Электронная библиотека АКУНБ, [elib.altlib.ru](http://elib.altlib.ru)

Электронная библиотека АКУНБ, [elib.altlib.ru](http://elib.altlib.ru)



Электронная библиотека АКУНБ, [elib.altlib.ru](http://elib.altlib.ru)