

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ПАРОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ю. А. Абрамова<sup>1</sup>, Н. Д. Новоселова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алтайский государственный краеведческий музей, г. Барнаул

<sup>2</sup>Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Период конструктивного обособления теплового двигателя относится к работам Ньюкомена и Коули (Англия) в начале XVIII века. В последние годы наиболее полное и последовательное сравнение и исследование паровых машин было проведено А.В. Николаенко, В.С. Шкрабаком и В.П. Зуевым [8].

Ньюкомен, поставляя инструменты на рудники Англии, хорошо знал нужду в эффективном способе для откачивания воды из шахт. Он знал и существовавшие водоподъемные устройства в виде поршневых насосов простого действия, приводимых в движение лошадьми.

Нужно было заменить лошадей новым, более мощным, более экономичным двигателем, так как с увеличением глубины рудников лошади все менее и менее справлялись с откачиванием воды. В своих работах Папен указывал на то, как можно заменить лошадей и водяные колеса паровым цилиндром. Нужно было только найти конструктивные формы для соединения поршня цилиндра со штангой рудничного насоса. Техническая практика подсказала изобретателям эти конструктивные формы в виде балансира (коромысла), давно применявшегося в разнообразных установках с ручным приводом.

Применение балансира придало двигателю Ньюкомена-Коули конструктивные формы. Под действием весов насосной штанги и груза поршень поднимался вверх, а в освобождаемое пространство из котла через паровпускной кран и трубу поступал пар при атмосферном давлении. При подходе поршня к верхнему положению кран закрывался и одновременно открывался водовпускной кран, объединенный с паровпускным краном канатиком так, что оба крана приводились в движение от общей рукоятки. Поступающая из резервуара через отверстие в цилиндр холодная вода вызывала конденсацию пара, получение вакуума в полости цилиндра и опускание поршня под давлением наружной атмосферы. Конденсат вместе с вбрызнутой охлаждающей водой отводился через отверстие и трубу из цилиндра через клапан. Котел был снабжен предохранительным клапаном

с рычажной нагрузкой. Эти конструктивные формы следует признать лучшими в условиях технологических возможностей того времени. Балансир – первый передаточный механизм, отделивший двигатель от орудия, сразу же раскрыл новые замечательные возможности в области рудничного водоподъема. В насосе Севери, где поверхность действия пара была равна поверхности воды, воспринимавшей давление пара, нельзя иметь разные давления пара и воды. Отсюда, если нужно поднимать воду на  $H$  метров, то эта высота однозначно определяла давление пара в котле, которое не могло быть меньше, чем  $H : 10 \text{ кг/см}^2$ . Совсем иное дело при отделении двигателя от насоса. Теперь поршень насоса может быть не равным поршню двигателя, что дает новые возможности.

Двигатель отдавал работу периодически, работал прерывно. Один из первых историков науки и техники французский физик Араго писал в 1829 г.: «...атмосферная машина для выкачивания воды представляет снаряд безукоризненный, и прерывность ее действия не представляет никаких неудобств. Совсем другое дело в том случае, когда упомянутая машина употребляется в виде двигателя. Орудия и инструменты, приводимые ею в действие, движутся весьма быстро во время нисхождения поршня, но во время его восхождения они останавливаются или продолжают действовать только силой приобретенной скорости». Таким образом, в машине Ньюкомена-Коули двигатель отделился от орудия, от потребителя работы, но еще не полностью. Действительно, если отсоединить двигатель Ньюкомена от насоса, он работать не сможет, ибо органически слит с насосом.

Острота проблемы водоподъема привела к значительному распространению насосов рассмотренного типа. В 1705 г. изобретателям Ньюкомену и Коули пришлось пригласить в компанию Севери, так как его патент на любую форму использования «силы огня» препятствовал получению отдельного патента. Новая компания при-

ступила к постройке двигателей на рудниках и шахтах Англии. В 1718 г. английский инженер Г. Бейтон сконструировал пароводораспределительный механизм (до этого краны пара и воды поворачивались машинистом). В 1770-х гг. двигатель был усовершенствован англичанином Смитом, который улучшил технологию изготовления цилиндров, ввел зачаточную теплоизоляцию, опытным путем пришел к необходимости снижения форсировки котлов, вводя по два-три котла на один цилиндр; все это снизило расход горючего до 10 кг условного топлива на 1 э. л. с. ч. Насосы с балансиром строились свыше 75 лет. Один из таких насосов находился в работе до конца XIX в., и снятая с него индикаторная диаграмма показала рабочее давление на поршень 0,5 кг/см<sup>2</sup>.

Пароатмосферные насосы начали строиться и на континенте. Все они почти не отличались от насоса Ньюкомена, длительная промышленная эксплуатация которого позволила постепенно найти лучшие конструктивные формы, осуществимые при технических возможностях того времени.

Изучение паровой насосной установки одного из современников Ньюкомена – шведа Тривальда показывает, что она отличалась от насоса Ньюкомена только незначительными деталями пароводораспределительного механизма.

Паронасосные установки с балансиром были поставлены в окрестностях г. Льежа (Бельгия), в Вене для снабжения водой парковых фонтанов, окрестностях г. Кенигсберга (ныне Калининград) для откачивания воды. Последняя установка носила в ранней отечественной литературе название «венгерской».

Третий этап развития – становление универсального двигателя – был вызван внедрением в производство машины-орудия, заменившей руки рабочего, переходом от ручного мануфактурного к машинному капиталистическому производству.

Однако задолго до промышленного переворота уже начала возникать потребность в универсальном двигателе. Естественно, что поскольку насосные двигатели Ньюкомена и других изобретателей были мало зависимы от локальных условий, задача об универсальном по техническому применению двигателе приобрела конкретный характер. Конкретность задачи заключалась в необходимости превратить двигатель, отда-

вавший работу потребителю прерывно, в двигатель с непрерывной отдачей работы.

Далее установка Поттера повторяет принципиальные конструктивные формы установок Ньюкомена-Коули. Разница состояла только в том, что Поттер применил три штанги. Веса этих штанг было достаточно для механического аккумуляирования, чтобы обеспечить непрерывную отдачу работы насосами двойного действия. Но Поттер не сделал этого. Для того чтобы не вводить продольного сжатия штанг, он разгрузил их вес применением контргруза, подвешенного на конце дополнительного балансира.

Известна любопытная попытка получения непрерывного действия от одноцилиндровой однополостной машины путем применения механического аккумуляирования в изложенной выше форме. Это – патент англичанина Дж. Хелла, выданный ему в Англии в 1736 г. на судно с пароатмосферным двигателем Ньюкомена [8].

Изучение материалов по истории развития теплового двигателя показывает, что механическое аккумуляирование в описанной выше гравитационной форме не имело успеха в попытках применить его для получения от двигателя непрерывной механической работы. Ньюкомен и Поттер, Тривальд и Смитон, а также ряд других изобретателей применяли его только для того, чтобы обеспечить возможность холостого хода двигателя.

Кроме механического аккумуляирования в описанной потенциальной форме может быть осуществлено механическое аккумуляирование в форме кинетической, при котором половина работы рабочего хода отдается на ускорение движения массы маховика с тем, чтобы быть переданной потребителю при холостом ходе поршня. Этот метод в поршневых двигателях был применен после того, как задача получения непрерывной работы была решена другими методами, и был предназначен для выравнивания непрерывно отдаваемой, но переменной по величине работы. Механическое аккумуляирование в его кинетической форме, давно известное технике по применению маховиков, не могло превратить машину Ньюкомена в машину непрерывного действия по вполне понятной причине: при 15 ходах в минуту для получения непрерывного действия понадобилась бы масса маховика, абсолютно недостижимая в технической практике того времени.

Для возможности универсального применения машины непрерывность движения должна сопровождаться достаточной его равномерностью. Попытки применения машин прерывного действия к приводу непрерывно действующих орудий оказались несостоятельными не только потому, что приводимые орудия могли периодически останавливаться, но и потому, что они двигались неравномерно. Произведены подсчеты степени неравномерности одноцилиндровой пароатмосферной машины простого действия, построенной в 1780 г., в которой для получения непрерывного движения был применен маховик. Эта машина развивала 28 об/мин и, тем не менее, степень неравномерности этой машины лежит в пределах  $1/2 - 1/3$ . Это значит, что скорость движения за каждый цикл машины изменяется от  $1/2$  до  $1/3$  усредненной скорости. Поэтому маховик, как единственное средство получения непрерывности действия, был эффективно применен в первых одноцилиндровых двигателях простого действия (даже четырехтактных, т. е. имеющих один рабочий ход на три холостых) только во второй половине XIX в., когда число оборотов вала в минуту стало исчисляться не единицами и десятками, а сотнями (масса маховика при той же степени неравномерности обратно пропорциональна квадрату числа оборотов вала машины).

Итак, метод механического аккумулярования в его потенциальной и кинетической форме не был применен в начальном периоде развития теплового двигателя для получения непрерывной работы и придания двигателю универсальности в техническом применении. Для этой цели более целесообразным и перспективным оказался другой метод, широко применяющийся и в настоящее время во всех поршневых двигателях. Этот метод, который мы условимся называть методом суммирования, состоит в том, что в поршневой машине применяются две (или более) рабочие полости. Развиваемая за время рабочих ходов в этих полостях работа суммируется на одной детали машины (шток, вал), через которую отдается как внешнему потребителю, так и на осуществление холостого хода в другой (других) полости. Подробный анализ работы такого двигателя приведен в [4].

Две полости могут быть расположены в одном цилиндре. Это – двигатель двойного действия, где работа, развиваемая в одной полости, отдается как потребителю че-

рез шток, так и на осуществление холостого хода в другой полости. Работа обеих полостей суммируется непосредственно на поршне цилиндра, от которого штоком непрерывно (то от одной, то от другой полости) отдается потребителю.

Две полости могут быть расположены в двух отдельных цилиндрах. Это – многоцилиндровый двигатель, в котором работа отдельных полостей цилиндров суммируется на одном общем валу машины, откуда непрерывно расходуется как на удовлетворение внешнего потребителя, так и на осуществление холостых ходов в полостях цилиндров самого двигателя.

Решение задачи об универсальном двигателе могло быть спешно реализовано в этот период только на основе применения метода суммирования.

Этим методом, как наиболее целесообразным и перспективным, и воспользовался впервые Иван Иванович Ползунов. В апреле 1763 г. Ползунов передал начальнику Колывано-Воскресенских заводов А. И. Порошину докладную записку и проект изобретенного им «огнедействующего» парового двигателя. В записке Ползунов показал глубокое понимание задач, вставших перед растущей промышленностью. Решительно поставив вопрос о переходе к новой энергетике, Ползунов стремился «славы (если силы допустят) Отечеству достигнуть, и чтобы то во всенародную пользу... ввести... облегчая труд по нас грядущим».

Проект Ползунова 1763 г. представлял собой первый в мире проект универсального теплового поршневого двигателя, непрерывная работа которого обеспечивалась применением двух цилиндров, поршни которых были связаны между собой и поочередно передавали работу на один общий вал.

В двигателе Ползунова по проекту 1763 г. поршень, опускаясь под давлением атмосферного воздуха, отдавал механическую работу валу и одновременно поднимал поршень другого цилиндра. При опускании поршня происходило обратное распределение работы. Вал получал работу непрерывно. Вал двигателя, непрерывно получающий работу от двух цилиндров и непрерывно отдающий ее потребителю, был впервые введен Ползуновым.

От вала движение передавалось штангам, двигавшим зубчатые шестерни механизма, управляющего кранами, поочередно по-

дающими в цилиндры то пар из котла, то холодную воду по трубам. От этого же вала движение передавалось через шкивы к насосам, нагнетавшим воду в верхний резервуар. И, наконец, шестерни передавали движение двум воздуходувным мехам.

Зная, кроме того, о возможности применять пар с давлением, превосходящим атмосферное, Ползунов сознательно выбрал для своего двигателя атмосферное давление, что играло решающую роль в преодолении стоявших перед Ползуновым технологических трудностей, так как на Барнаульском заводе, предназначенном только для выплавки меди и серебра, невозможно было построить котел с избыточным давлением пара.

Универсальность двигателя Ползунова, вытекавшая из непрерывного рабочего движения, понятна из изображенной им перспективной схемы передаточного механизма двигателя.

В отличие от насосного двигателя Ньюкомена двигатель Ползунова не связывает месторасположения приводимого агрегата с месторасположением цилиндров двигателя. Раздвигая или сближая валы, раздвигая или сближая шкивы, удлиняя валы, изменяя направление цепей, можно было располагать приводимый агрегат в любой заданной точке пространства вне всякой зависимости от расположения цилиндров.

При двигателе Ползунова можно было выбирать любую форму движения приводимого агрегата. Непрерывное рабочее движение позволяет легко осуществить вращательное движение, применяя шатун и кривошип.

Двигатель Ползунова позволял осуществить групповой привод ряда машин-орудий, произвольно расположенных и с различной формой движения. Переход от индивидуального привода к групповому знаменовал исторический этап в развитии машин, когда возникла система машин, имеющая один двигатель.

Приведенные сопоставления наглядно показывают, почему двигатель Ньюкомена применялся только для привода насосов, а двигатель Ползунова был универсальным двигателем, способным удовлетворять все нужды современной ему заводской техники.

Введение двух цилиндров, работающих на общий вал, потребовало от Ползунова решения еще одной задачи: разработать пароводораспределительный механизм, управляющий подачей пара и воды в два

цилиндра. В решении этой задачи Ползунов проявил себя как выдающийся конструктор, применив впервые вращающиеся детали с зубчатым зацеплением.

Ползунов рассматривал свой проект как проект экспериментального двигателя, исследование работы которого дало бы возможность проверить на опыте чисто эмпирический расчет, поскольку почти никаких теоретических сведений в то время не было. Постройкой опытного двигателя Ползунов предлагал избежать излишних расходов, связанных с возможными переделками и усовершенствованиями.

Помимо того, он предполагал на постройке и исследовании опытного двигателя подготовить технические кадры. К тому же изготовление небольшой опытной машины могло быть осуществлено в условиях Барнаульского завода, что также, безусловно, учитывал Ползунов. Поэтому мощность двигателя по первому проекту Ползунова была небольшой: по современным подсчетам она едва достигала 1,8 л. с.

Проект Ползунова был послан в Петербург и поступил на отзыв к И. Шлаттеру, виднейшему специалисту горнорудного дела того времени, автору книги «Обстоятельное наставление рудному делу...», в которой было дано описание парового насоса Ньюкомена. Шлаттер высоко оценил творческие способности Ползунова. «Сей его вымысел, – писал Шлаттер, – за новое изобретение почесть должно».

Но, отметив «преизрядный успех» Ползунова в вопросе конструирования пароводораспределительного механизма и подчеркнув важность наличия двух цилиндров, отличающих двигатель Ползунова от иностранных паровых насосов, Шлаттер не сумел понять главного в проекте Ползунова – универсальности его двигателя. Шлаттер всецело оставался на позициях современной ему науки и техники, не мог превзойти их уровня, как это сумел сделать Ползунов. Более того, Шлаттер рекомендовал Ползунову вернуться к этому уровню, предложив установить два насоса Ньюкомена (один – резервный), накачивать воду из нижнего резервуара в верхний, подводить ее к водяным колесам, которые должны являться двигателями воздуходувных мехов. Помимо сложности и громоздкости устройства, предложение Шлаттера имело коренной недостаток, исключавший возможность его применения. Поскольку в насосе и водяных колесах терялось бесполезно почти две тре-

ти работы, развиваемой в цилиндрах парового двигателя насоса, то мощность последнего могла обеспечить не более четверти, потребной для намеченного объема воздухо-снабжения.

В январе 1764 г. было принято решение о постройке двигателя, и Ползунов тотчас же приступил к работе. Заявка на материалы, поданная им в марте 1764 г., исходила из постройки двигателя по новому проекту, выполнение которого требовало в 6 раз больше материалов, чем по первому.

Мощность двигателя по второму проекту была почти в 18 раз больше мощности по первому проекту и достигала 32 л. с. Вместо малого опытного двигателя Ползунов приступил к постройке самого мощного в то время двигателя (мощность насосов Ньюкомена не превышала 8 - 12 л. с., самый крупный насос Тривальда обладал мощностью около 20 л. с.).

Отвечая настоятельным требованиям производства, Ползунов решил вместо опытной сразу строить мощную производственную паровую воздуходушную установку. В этом решении заключался и смелый ответ Шлаттеру, который, не поняв замысла Ползунова о постройке одного опытного двигателя, указывал, что постройка многих мелких двигателей для каждой из печей нецелесообразна и предлагал свою пароводяную установку на 12 печей. Ползунов, отказавшись от водяных насосов и колес, решил построить одну мощную паровую воздуходушку на 12 - 15 печей.

Это решение значительно затрудняло постройку двигателя в условиях Барнаульского завода. Анализ второго проекта Ползунова убедительно показывает, что он использовал все возможности для того, чтобы обеспечить постройку мощного двигателя средствами Барнаульского завода. Эти возможности состояли, прежде всего, во всестороннем упрощении конструкции двигателя, т. к. Ползунов во втором проекте не ставил общей задачи: создать универсальный двигатель, которую он поставил в первом проекте. Для того чтобы получить возможность далее развивать свои идеи, Ползунов должен был решить частную задачу: показать возможность привода воздушного дутья на 12 - 15 печей от одного парового двигателя без использования водяных колес. В решении этой частной задачи Ползунов не отказывался от применения старых конструктивных форм, отвергнутых им в первом проекте универсального двигателя. Он приме-

нил деревянные балансиры, т. к. их могли изготовить на Барнаульском заводе. Во втором проекте он оставил два цилиндра, но не связал движения поршней. Подобно тому, как современные инженеры конструируют станки и двигатели специального назначения, Ползунов для решения своей частной задачи осуществил специализированную силовую установку, в которой разработал новые технические методы, наиболее эффективно удовлетворяющие условиям поставленной частной задачи. Отдельные новые методы, примененные Ползуновым во втором проекте, явились настолько удачными, что стали общими для широких областей техники; к таким методам относится применение аккумулятора дутья и автоматического регулирования уровня воды в котле.

Вместо установки к каждой печи мелких воздуходушных мехов, приводимых в движение водяными колесами (предложение Шлаттера) или от главного вала мощного универсального двигателя непрерывного действия, Ползунов нашел новое, наиболее целесообразное решение своей частной задачи: мощный паровой двигатель приводил в движение впервые введенные Ползуновым громадные воздуходушные мехи, из которых воздух распределялся по трубам равномерно и непрерывно по всем печам. При достаточной емкости изобретенного Ползуновым «воздушного ларя» – аккумулятора дутья – можно было обеспечить равномерную и непрерывную подачу воздуха в печи даже при одном большом мехе, при машине с одним цилиндром. Но Ползунов не пошел на это упрощение, так как оно приводило к усложнению технологии изготовления мощного двигателя. В его двигателе цилиндры имели диаметр 32 дюйма; если бы он сделал одноцилиндровый двигатель такой же мощности, то пришлось бы установить цилиндр диаметром 45 дюймов, т. е. свыше метра. Отливка и обработка такого громадного цилиндра были совершенно непосильны для Барнаульского завода.

Рабочий процесс новой паровой установки Ползунова должен был происходить следующим образом. Два рядом стоящие цилиндра передавали движение поршней левым дугам двух балансиров, а цепи, прикрепленные к правым дугам балансиров, приводили в движение громадные воздуходушные мехи. От одной из малых дуг балансиров движение передавалось штанге, двигающей рычаги и колесо, соединенное с па-

ро-водораспределительным механизмом. С малых дуг движение через полубалансир передавалось водяным насосам. Из камер воздуходушных мехов воздух направлялся в общий «воздушный ларь» – аккумулятор дутья, откуда по трубам направлялся к воздуходушным печам.

В сопоставлении с вариантом, предложенным Шлаттером, и с первым проектом Ползунова разработанная во втором проекте установка наиболее эффективно удовлетворяла частную задачу: обеспечить дутьем от одной воздуходушной установки несколько рудоплавильных печей.

По предложению Шлаттера два одноцилиндровых двигателя Ньюкомена приводили в движение два насоса, поднимавших воду в резервуар, из которого по желобам вода распределялась по водяным колесам. Валы водяных колес передавали свое движение, преобразуемое из вращательного в возвратно-поступательное, шатунам, от которых движение передавалось мехам, вода, падавшая с колес, отводилась по каналу (установка по два меха на каждую печь была необходима для достижения равномерного дутья, так как воздуходушный мех был агрегат прерывного действия).

Если бы Ползунов применил к своей частной задаче общее решение с установкой универсального двигателя, разработанного в его первом проекте, то схема установки выглядела бы так: универсальный двигатель передает непрерывное качательное движение валу, а посаженные на вал полубалансиры передают движение мехам. Установка получилась бы значительно проще, чем по варианту Шлаттера, а главное, почти втрое экономичнее.

Еще более простой и экономичной была установка, разработанная во втором проекте Ползунова. По этому проекту паровой двигатель приводит в движение мехи, подающие воздух в аккумулятор. Распределение воздуха по трубам дает конструктору возможность размещать плавильные печи в любом порядке.

Сравнение трех вариантов достаточно убедительно показывает, что во втором проекте Ползунов сохранил свою основную идею – полный отказ от «водяного руководства» и вынужденный временно оставить работу над усовершенствованием универсального двигателя дал оригинальное решение специальной частной задачи.

В необычайно трудных условиях начал Ползунов постройку своего двигателя. Пол-

зунову приходилось самому быть главным и единственным технологом в производстве машины, обучать кадры, изобретать и конструировать станки для того, чтобы обеспечить «машинную на водяных колесах... токарную работу». Барнаульская горная канцелярия желала иметь двигатель, способный помочь производству, но боялась израсходовать лишний грош на строительство, а самого Ползунова, выходца из народа, не имевшего диплома, не считала настоящим механиком.

Одним из современников Ползунова, оставившим справедливую оценку трудов замечательного новатора, был крупный ученый, действительный член Российской Академии наук Эрик Лаксман. В одном из своих писем Лаксман писал: «...Другой, с кем я наиболее имею знакомство, есть горный механик Иван Ползунов, муж, делающий честь своему отечеству. Он строит теперь огненную машину, совсем отличную от Венгерской и Английской. Машина сия будет приводить в движение меха или цилиндры в плавильнях посредством огня: какая же от того последует выгода! Со временем в России, если потребует надобность, можно будет строить заводы на высоких горах и в самых даже шахтах. От сей машины будут действовать 15 печей» [7].

7 декабря 1765 г. была закончена сборка двигателя и проведен пробный пуск. Воздуходушных мехов и печей еще не начинали строить из опасения напрасных расходов в том случае, если двигатели не будут работать. Пришлось проводить испытание «вместо меховой тягости навешиванием бревен». Легкость, с которой двигатель поднимал и опускал тяжелые бревна, подтвердила правильность расчетов Ползунова. Ползунов подал в канцелярию рапорт, в котором потребовал изготовления воздуходушных мехов, указывал на необходимость заменить недостаточно надежный, по его мнению, котел литым и просил немедленно приступить к постройке печей.

В начале мая 1766 г. были построены громадные воздуходушные мехи; были высверлены в стенке воздушного аккумулятора 12 отверстий для определения, «на сколько печей, через действие той машины, от установленных мехов силы, или духу будет». Была начата и постройка трех плавильных печей.

Но Ползунову не суждено было дожить до осуществления его мечты: 27 мая 1766 г. он скончался.

3 июня 1766 г., через неделю после смерти Ползунова, начались испытания двигателя и мехов, продолжавшиеся с перерывами до 15 июля. При первом испытании было установлено, что «воздух во все двенадцать трубок идет довольный и примечено, что того воздуха на 10 или на все 12 печей будет».

После того, как были устранены пусковые неполадки, двигатель был пущен в «действительную рудную проплавку» и проработал 43 дня. Его пришлось остановить из-за течи в котле, справедливо признанном Ползуновым годным, только «к первоначальной пробе». Больше двигатель Ползунова в ход не пускался. Барнаульская горная канцелярия, убедившись, что машиностроение не под силу Барнаульскому заводу, вопреки своим прежним заверениям о том, что от применения двигателя «не малая польза произойти может», писала в Петербург о ненужности парового двигателя на алтайских заводах. Насколько «интересовались» постройкой паровых двигателей в Петербургском кабинете, видно из того, что на подведомственном ему Нерчинском заводе, не имевшем источников водной энергии, паровые двигатели заменили крайне неэффективный конный привод только через 120 лет.

И это несмотря на то, что за время работы только на три построенные печи паровая установка Ползунова дала прибыль свыше 12 тысяч рублей, окупив все расходы по ее сооружению. При работе установки на 12 печей годовая прибыль составила бы колоссальную по тому времени сумму в 480 тысяч рублей.

Все частные причины гибели изобретения Ползунова были следствием одной общей причины: в феодальной, крепостнической России еще не была подготовлена экономическая база для перехода от ремесленного труда к машинному производству.

Оценивая техническое содержание работы Ползунова, следует отдавать себе отчет в том, что наличие у двигателя двух цилиндров еще не является указанием на неприменное использование метода суммирования, чему примером может служить проект Якоба Леупольда, предложенный им в 1724 г.

Леупольд предложил применять избыточное давление для возможности использования двигателя в таких условиях, когда

нет достаточного количества воды для конденсации пара (количество это в несколько раз превышает количество воды, идущее на получение пара). По мысли Леупольда пар избыточного давления, подаваемый через четырехходовой кран из котла в цилиндры двигателя, будет поднимать вверх поршни, движение которых через шатуны и балансиры будет передаваться насосным штангам. Леупольд не описывал, как будет обеспечено движение поршня вниз, которое не может осуществляться за счет разности давлений, когда четырехходовой кран соединит нижнюю полость цилиндра с атмосферой. Побудителем движения поршней вниз может явиться механическое аккумулятивное, на которое указывал позднее Геберт, предложив залить поршни цилиндров свинцом. Леупольд, как и Геберт, не увидел того, что введение двух цилиндров для более равномерной подачи воды заключало в себе возможность отказа от метода механического аккумулятивного (свинец в поршнях) и перехода к методу суммирования.

Постепенно углублявшийся кризис водяного колеса и внедрение в производство машин-орудий с однонаправленным вращательным движением (подъемные ворота, вентиляторы) и орудий, приводимых в движение от вращающихся кулачковых валов (молоты, дробилки), вызывали многочисленные попытки получить на основе использования цилиндра Ньюкомена двигатель с вращательным движением. В этих попытках вначале преобладало использование потенциального механического аккумулятивного, что соответствовало низкой цикличности в работе ранних пароатмосферных цилиндров: 8 – 10 ходов и минуту. При рабочем ходе поршня в цилиндре зубчатая рейка опускается вниз и поворачивает соединенный с ней зубчатый сектор; при этом собачка скользит по зубцам храповой шестерни и движения вала двигателя не передает. Рабочее усилие передается через шестерню рейке, которая, поднимаясь вверх, отдает одну половину работы вала двигателя через храповую шестерню, а другую половину затрачивает на подъем груза, укрепленного на рейке. Затем этот груз, опускаясь, отдает работу вала через храповую шестерню и одновременно поднимает вверх поршень двигателя, всасывая в полость цилиндра пар из парового котла. Все двигатели такого рода не получили применения. Позд-

нее промышленный переворот вызвал к жизни более совершенные универсальные двигатели.

Итоги развития гидроэнергетики к середине XVIII в. сводятся к тому, что водяное колесо как двигатель, создающий непрерывное рабочее усилие и менее зависящий от природных условий, чем ветряное колесо, получило преимущественное распространение в ряде отраслей производства. Вместе с этим распространением все сильнее сказывалась зависимость гидравлических установок от месторасположения источника энергии – водного потока, мешавшая дальнейшему расширению применения водяного колеса. Водяное колесо, более тысячелетия служившее энергетическим нуждам техники, давшее громадный толчок развитию механики, гидростатики и гидродинамики, стало тормозить дальнейшее развитие энергетики.

Кризис гидроэнергетики вызвал изыскания новой энергии, независимой от местных условий. Практика и открытия науки направляли исследователей на использование «силы атмосферы», «силы пара», «силы упругости воздуха», что в конечном счете вело к использованию тепловой энергии.

Первые попытки, направленные на разрешение наиболее острой проблемы – рудничного водоотлива, привели к вытеснительным насосам, где двигатель был слит воедино с потребителем механической работы.

В результате попыток изобретения «атмосферного» двигателя был открыт и верно описан термодинамический цикл парового двигателя. Возникло два направления дальнейшей работы: а) изыскание практических форм использования найденного цикла и б) изыскание методов передачи энергии от рабочего органа двигателя к разным потребителям механической работы.

Первое отделение двигателя от потребителя механической работы было осуществлено в рудничной водоподъемной установке с балансиром – первым передаточным механизмом парового двигателя. Балансир конструктивно отделил двигатель от потребителя работы, но еще не сделал его независимым от последнего. Насосный двигатель не мог работать отдельно от насоса и отдавал работу прерывно.

Стремление «использовать» атмо-

сферу оказалось плодотворным, поскольку оно направило исследователей на использование свойств водяного пара. Период «пароатмосферных машин» в развитии теплоэнергетики – вполне закономерный и прогрессивный, в этот период были решены энергетические задачи применением пара низкого давления, который можно было получать при технологических возможностях котлостроения XVIII в.

Возникавшая проблема универсального двигателя привела к компромиссному решению: комбинации парового насоса с водяным колесом. Несмотря на низкую эффективность, такие установки строились в конце XVIII в. в связи с возрастающими требованиями на универсальный двигатель.

Попытки осуществить универсальный двигатель методом грузового механического аккумуляирования были безуспешными. Для возможности применения кинетического механического аккумуляирования (маховика) существовавшие пароатмосферные двигатели давали слишком мало ходов в минуту.

Прогрессивное решение получения непрерывной работы от двигателя путем суммирования на одном валу работы двух рабочих полостей, расположенных в двух отдельных цилиндрах, было сделано в 1763 г. И. И. Ползуновым.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артобалецкий, И. И. Очерки истории техники в России с древнейших времен до 60-х годов XIX века / И. И. Артобалецкий, А. С. Федоров, С. Я. Плоткин. – М.: Наука, 1989. – 360 с.
2. Бубнов, И. Е. Памятники науки и техники: некоторые вопросы практики и теории / И. Е. Бубнов // Вопросы истории естествознания и техники. – 1981. – №1. – С. 66.
3. Геронимус, Я. П. Очерки о работах корифеев русской механики / Я. П. Геронимус. – М.: Просвещение, 1952. – 218 с.
4. Голубов, С. Н. Иван Ползунов: Изобретатель паровой машины XVIII в. / С. Н. Голубов. – М., 1937. – 264 с.
5. Данилевский, В. В. И. И. Ползунов. Труды и жизнь первого русского теплотехника / В. В. Данилевский. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 446 с.
6. Данилевский, В. В. Вооружить будущих специалистов знанием истории техники / В. В. Данилевский // Вести высш. школы. – 1948. – №3. – С. 28-33.
7. Данилевский, В. В. Великий русский теплотехник: К 225-летию со дня рождения И. И. Ползунова // Вести высш. школы. – 1948. – №3. – С. 28-33.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ПАРОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

- зунова / В. В. Данилевский // Котлостроение. – 1953. – № 4. – С.1-5.
8. Николаенко, А. В. История теплоэнергетики / А. В. Николаенко, В. С. Шкрабак, В. П. Зуев. – СПб., 1998. – 239 с.
  9. Новоселов, А. Л. Истоки развития теплоэнергетики / А. Л. Новоселов, Н. Д. Новоселова // Ползуновский альманах. – 2004. – № 2. – С. 174-177.
  10. Новоселова, Н. Д. Создатели паровых машин / Н. Д. Новоселова // Повышение эколог. безопасн. автотр. техники / Рос. акад. транспорта, Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2003. – С. 108-110.
  11. Новоселова, Н. Д. Совершенствование устройств паровых двигателей / Н. Д. Новоселова, А. Л. Новоселов // Ползуновский альманах. – 2004. – № 2. – С.193-200.